

明 細 書

電動パワーステアリング装置の制御装置

5 技術分野

本発明は電動パワーステアリング装置の制御装置に関し、特に電動パワーステアリング装置に用いられるモータの角度検出器の異常検出機能を具備すると共に、角度検出器の故障に対する保護動作を考慮した電動パワーステアリング装置の制御装置に関する。

10

背景技術

自動車のステアリング装置をモータの回転力で補助負荷付勢する電動パワーステアリング装置は、モータの駆動力を減速機を介してギア又はベルト等の伝達機構により、ステアリングシャフト或いはラック軸に補助負荷付勢するようになっている。このような電動パワーステアリング装置の簡単な構成を第1図を参照して説明する。操向ハンドル101の軸102は減速ギア103、ユニバーサルジョイント104a及び104b、ピニオンラック機構105を経て操向車輪のタイロッド106に結合されている。軸102には、操向ハンドル101の操舵トルクを検出するトルクセンサ107が設けられており、操向ハンドル101の操舵力を補助するモータ108が、減速ギア103を介して軸102に連結されている。

このような電動パワーステアリング装置のモータ108の制御によってモータの回転角度 θ を検出することは非常に重要であり、角度検出に異常が発生した場合は、直ちに異常を検出して適当な安全策を講じる必要がある。そこで、従来より異常検出に関し、種々の検出方法や検出装

置が開発されてきた。

例えば日本国特許第3136937号では、角度検出器の1つであるレゾルバの検出異常について開示しており、その内容を、第2図を参照して説明する。

5 角度を検出するための装置は、レゾルバ10と、レゾルバ10から出力される信号を処理して回転角度 θ を算出するための角度検出処理部とで構成される。角度検出処理部の一例としてレゾルバディジタル変換(RDC)回路14が設けられている。そして、異常検出をする対象は、レゾルバディジタル変換回路14を除くレゾルバ10及びレゾルバ10
10 への配線等であり、その方法はレゾルバ10の出力信号である \sin 信号($= \sin \omega t \cdot \sin \theta$)及び \cos 信号($= \sin \omega t \cdot \cos$)の異常を検出してレゾルバ10の異常を検出するのが一般的である。

なお、レゾルバディジタル変換回路14にもレゾルバ10の異常を検出する機能が備えられたものがあり、第2図のレゾルバディジタル変換
15 回路14のE端子から異常検出信号が出力される。しかし、その異常検出の性能も限定的なもので十分なものではないので、以下に説明するような独自の異常検出回路を設けている場合がある。

第2図において、搬送波発振回路12は、モータ108の回転角度 θ を検出するためのレゾルバ10に搬送波信号 $\sin \omega t$ を送信し、これ
20 によりレゾルバ10から回転角度 θ に対応した \sin 信号($\sin \omega t \cdot \sin \theta$)及び \cos 信号($\sin \omega t \cdot \cos \theta$)が出力される。 \sin 信号と \cos 信号を入力されたレゾルバディジタル変換回路14において回転角度 θ が算出され、算出された回転角度 θ がCPU回路16に取り込まれ、回転角度 θ に基いてモータ108は制御される。

25 \sin 信号及び \cos 信号を用いてレゾルバ10等の異常を検出する様子を、第3図のフローチャートを参照して説明する。

\sin 信号から $\sin \theta$ を算出する方法としては、搬送波 $\sin \omega t$ のピークに同期して \sin 信号をサンプリングすると、 \sin 信号のピーク値がホールドされ、 \sin 信号の包絡線である \sin 角度信号 ($\sin \theta$) を検出することができる。同様に、 \cos 信号から \cos 角度信号 ($\cos \theta$) を算出することができる。これら $\sin \omega t$ 、 $\sin \theta$ 及び $\cos \theta$ の関係を図示すると、第 4 図のようになる。上述の処理を具体的に説明すると、第 2 図において、搬送波発振回路 12 から出力された搬送波 $\sin \omega t$ のピークを検出するために、 $\sin \omega t$ のピーク値である基準振幅を表わすピーク値設定回路 24 と搬送波信号 $\sin \omega t$ とを比較回路 22 にて比較し、そのピーク時を検出する。そのピーク時に同期して、サンプルホールドとしての役割を果たす AD コンバータ 44 及び AD コンバータ 46 において、 \sin 信号及び \cos 信号をラッチすれば \sin 角度信号 ($\sin \theta$) 及び \cos 角度信号 ($\cos \theta$) を検出することができる。

このようにして検出された \sin 角度信号 ($\sin \theta$) 及び \cos 角度信号 ($\cos \theta$) が CPU 回路 (CPU 若しくは MPU を主とする演算処理回路) 16 に取り込まれ、第 3 図に示すフローチャートの処理を実行する。即ち、先ず \sin 角度信号 ($\sin \theta$) 及び \cos 角度信号 ($\cos \theta$) が CPU 回路 16 に取り込まれ (ステップ S301)、CPU 回路 16 は $(\sin \theta)^2 + (\cos \theta)^2 = P$ の演算を実行し (ステップ S302)、 P の値が $0.9 < P < 1.1$ に存在するか否かにより正常か否かを判定する (ステップ S303)。

日本国特許第 3216491 号 2 では、 $(\sin \theta)^2 + (\cos \theta)^2 = P$ の演算を実行し、 $P = 1$ か否かを判定して異常を検出している (ステップ S303)。

しかし、どちらの方法を実行しても、搬送波に同期した \sin 信号及

び \cos 信号の A/D 変換、搬送波ピークタイミングによる割り込み、さらに $(\sin \theta)^2 + (\cos \theta)^2$ の演算などを実行する必要がある、その演算は処理時間を多く必要とする。また、ソフトウェア処理する場合は、CPU への負担となる問題があり、ハードウェアで処理する場合は、多くのハードウェアが必要となる問題がある。

本発明は上述のような事情から成されたものであり、本発明の目的は、電動パワーステアリング装置の制御装置に用いられるモータの角度検出器の異常や不完全な断線状態（レアショート）の異常などを迅速に、且つ CPU の負担にならないように、しかも多くのハードウェアの追加を必要としないで検出することができる電動パワーステアリング装置の制御装置を提供することにある。

一方、電動パワーステアリング装置では、運転手のハンドル操作に対応した所望のトルクを出力するようにモータ制御を正しく実行する必要がある。そして、モータを正しく制御するためには、各種センサを利用して電動パワーステアリング装置の状態を検出する必要がある。センサから得られる検出信号は電動パワーステアリング装置の制御にとって非常に重要なものであるから、センサの故障を速やかに検出して、それに対応した制御、保護を実行する必要がある。例えばセンサの 1 つであるモータ角度検出器の故障検出後の制御は、車輛の安全操舵にとって非常に重要な課題であり、従来から種々の制御装置が考えられてきた。

一例として特開 2003-26020 号公報の制御装置を、第 5 図を参照して説明する。

第 5 図において、車速センサ 313 で検出された車速 V 及びトルクセンサ 107 で検出されたトルク値 T_r はトルク指令値演算部 319 に入力され、トルク指令値演算部 319 でトルク指令値 T_{ref} が算出される。次に、トルク指令値 T_{ref} とレゾルバディジタル変換回路 311

の出力するモータ 108 の回転角度 θ とが電流指令値算出手段 320 に
入力され、電流指令値 I_{dref} 、 I_{qref} が算出される。一方、モ
ータ 108 が通電されると、モータ電流 I_a 、 I_b 、 I_c が電流検出器
312 で検出され、それらモータ電流 I_a 、 I_b 、 I_c は 3 相 / 2 相変
5 換部 327 で d-q 軸の 2 相電流 I_d 、 I_q に変換される。

減算手段 321 において、電流指令値 I_{dref} 、 I_{qref} とモー
タ電流 I_d 、 I_q との偏差 ΔI_d 、 ΔI_q が算出される。算出された偏
差 ΔI_d 、 ΔI_q はそれぞれ P I 制御部 323 に入力され、偏差 ΔI が
零になるように電圧指令値 V_{dref} 、 V_{qref} が算出され、電圧指
10 令値 V_{dref} 、 V_{qref} は 2 相 / 3 相変換手段 324 において 3 相
の電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 、 V_{cref} に変換される。P W
M 制御部 325 は、3 相の電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 、 V_{cref}
に基づいて F E T で構成されるインバータ回路 326 を駆動し、モー
タ 108 にモータ電流 I_a 、 I_b 、 I_c を供給する。また、角度検出器
15 の一例であるレゾルバ 310 と角度検出手段である位置検出回路 311
(主にレゾルバディジタル変換回路 (RDC 回路) によってモータ 10
8 の回転角度 θ が検出され、回転角度 θ は 2 相 / 3 相変換部 324 や 3
相 / 2 相変換部 327 などと利用される。

このような電動パワーステアリング装置の制御において、レゾルバ 3
20 10 やレゾルバディジタル変換回路 311 の検出が異常になった場合、
回転角度 θ を正しく検出できなくなり、正しい制御が不可能となる。こ
のため、基本的には電動パワーステアリング装置を停止し、ハンドル操
作をマニュアル操作状態に遷移することが行われている。

しかし、電動パワーステアリング装置によるハンドル操作のアシスト
25 が無くなり、突然マニュアル操作に遷移することはハンドル操作に大き
な違和感を与え好ましくない。そこで、特開 2003-26020 号公

報では異常判定手段 3 4 0 を設け、レゾルバ 3 1 0 やレゾルバディジタル変換回路 3 1 1 の異常を検出した時は、回転角度 θ の位置によってはハンドル操作の意思と逆トルクが発生しないので、短時間だけ電動パワーステアリング装置によるアシストを継続するなどの処理をしている。

- 5 しかし、別の回転角度 θ の位置によっては電動パワーステアリング装置を直ちに停止し、ハンドルをマニュアル操作に遷移する必要がある場合がある。

10 このように回転角度 θ の異常を検出した場合の制御では、異常を検出した時の回転角度 θ の位置によって電動パワーステアリング装置の制御を継続できなかったり、継続時間に大きな制限があるなどの問題がある。また、近年の電動パワーステアリング装置搭載車両の大型化に伴い、マニュアル操作ではドライバへの負荷が大きく好ましくない。

15 本発明は上述のような事情から成されたものであり、本発明の目的は、電動パワーステアリング装置のモータの回転角度 θ を検出するための角度検出器が故障した場合でも、故障時の回転角度 θ の位置に拘わらず電動パワーステアリング装置の制御を継続できる電動パワーステアリング装置の制御装置を提供することにある。

発明の開示

20 本発明は、車両の操舵系にモータによる操舵補助力を付与するための制御に必要な前記モータの回転角度 θ を検出するため、所定の周波数からなる搬送波信号 ($\sin \omega t$) を供給し、前記搬送波信号を $\sin \theta$ により振幅変調した波形を有する \sin 信号 ($\sin \omega t \cdot \sin \theta$) 及び $\cos \theta$ により振幅変調した波形を有する \cos 信号 ($\sin \omega t \cdot \cos \theta$) を発生する角度検出器を具備する電動パワーステアリング装置の制御装置に関するものであり、本発明の上記目的は、前記 \sin

25

n θ に対応する値と前記 $\cos \theta$ に対応する値との 2 値から構成され、
かつ正常領域と異常領域とから構成される異常領域判定マップを具備し、
前記 \sin 信号と前記 \cos 信号とからそれぞれ算出された前記 \sin
 θ と前記 $\cos \theta$ を前記異常領域判定マップに写像して、前記角度検出
5 器の異常を判定することによって達成される。

また、本発明の上記目的は、前記異常領域判定マップが、前記 \sin
 θ に対応する値を X 座標の値とし、前記 $\cos \theta$ に対応する値を Y 座標
の値とし、互いに直行する X 軸と Y 軸とから構成される領域上に、X 座
標及び Y 座標との値が共に零である原点を中心に構成される四角形 α と
10 前記原点を中心に構成される前記四角形 α より小さい四角形 β とから囲
まれる領域が正常領域となることによって達成される。

更に、本発明の上記目的は、前記搬送波信号に同期して、或いは、前
記搬送波の周期の整数倍の周期で、前記 $\sin \theta$ 及び前記 $\cos \theta$ を検
出する前記 $\sin \theta$ 及び前記 $\cos \theta$ を検出することによって達成され
15 る。

本発明の上記目的は、前記搬送波信号、前記 \sin 信号及び前記 \cos
 θ 信号から前記角度検出器の異常を検出する角度検出処理回路と前記異
常領域判定マップとを具備し、前記角度検出処理回路と前記異常領域判
定マップとにより、前記角度検出器の異常を二重に監視することによっ
20 て達成される。

本発明は、車両の操舵系にモータによる操舵補助力を付与するための
制御に必要な前記モータの回転角度 θ を検出するため、所定の周波数か
らなる搬送波信号 ($\sin \omega t$) を供給し、前記搬送波信号を $\sin \theta$
により振幅変調した波形を有する \sin 信号 ($\sin \omega t \cdot \sin \theta$)
25 及び $\cos \theta$ により振幅変調した波形を有する \cos 信号 ($\sin \omega$
 $t \cdot \cos \theta$) を発生する角度検出器を具備する電動パワーステアリン

グ装置の制御装置に関するものであり、本発明の上記目的は、前記 \sin 信号及び前記 \cos 信号からそれぞれ \sin 角度信号 ($\sin \theta$) 及び \cos 角度信号 ($\cos \theta$) を検出し、前記 \cos 角度信号から形成される信号と、前記 \sin 角度信号から形成される信号とから形成される回転角度信号を出力する角度処理手段を具備し、前記回転角度信号に基いて前記モータが制御されることによって達成される。また、本発明の上記目的は、前記モータが 3 相ブラシレスモータであり、前記 \cos 角度信号から作成される信号が、前記 \cos 角度信号の値の正負を表示する 1 ビット信号であり、前記 \sin 角度信号から作成される信号が、前記 \sin 角度信号の値のレベルを判定する 2 つの閾値によって大小を判定されたそれぞれの結果を表示する 2 つの 1 ビット信号であることによって達成される。

また、本発明の上記目的は、前記 \sin 信号及び前記 \cos 信号から、前記搬送波信号に同期して、或いは前記搬送波の周期の整数倍の周期に同期して、前記 \sin 角度信号及び前記 \cos 角度信号をそれぞれ検出することによって達成される。

本発明の上記目的は、前記角度処理手段から構成される副角度処理手段と、前記回転角度 θ を検出するための主角度処理手段とを具備し、前記主角度処理手段が故障した場合、前記主角度処理手段が検出した前記回転角度 θ に代えて、前記副角度処理手段の出力する前記回転角度信号に基いて前記モータを制御することによって達成される。

更に、本発明の上記目的は、前記回転角度 θ に基いて制御される場合の前記モータに通電される電流は正弦波電流であり、前記回転角度信号に基いて制御される場合の前記モータに通電される電流は矩形波電流であることによって達成される。

図面の簡単な説明

第 1 図は一般的な電動パワーステアリング装置の構成図である。

第 2 図は、従来の角度検出器の異常検出を行う装置例を示すブロック構成図である。

5 第 3 図は従来の異常検出の処理例を示すフローチャートである。

第 4 図は搬送波信号、 \sin 信号及び \cos 信号の関係を示す図である。

第 5 図は従来のモータの回転角度検出異常に対応する制御装置の一例を示すブロック構成図である。

10 第 6 図は本発明の異常領域判定マップの基本概念を示す図である。

第 7 図は本発明の第 1 実施例を示すブロック構成図である。

第 8 図は第 1 実施例のソフト処理例を示すフローチャートである。

第 9 図は異常領域判定マップをソフト的に具体化した一例を示す図である。

15 第 10 図は本発明の第 2 実施例を示すブロック構成図である。

第 11 図は第 2 実施例における異常判定回路の詳細な構成例を示すブロック構成図である。

第 12 図は本発明の回転角度信号を検出するための原理を説明するための図である。

20 第 13 図はホールセンサ信号と回転角度の関係を示す図である。

第 14 図は本発明の第 3 実施例を示す装置のブロック構成図である。

第 15 図は本発明の角度処理手段の詳細構成例を示すブロック構成図である。

25 第 16 図は本発明の角度処理手段の一部をソフトウェアで処理した場合の動作例を示すフローチャートである。

第 17 図は本発明の第 4 実施例の装置を示すブロック構成図である

発明を実施するための最良の形態

本発明の基本的な考えは、 $\sin \theta$ に対応する値と $\cos \theta$ に対応する値から構成され、かつ正常領域と異常領域とから構成される異常領域判定マップを準備して、レゾルバなどの角度検出器から得られた情報である角度情報 $\sin \omega t \cdot \cos \theta$ 及び $\sin \omega t \cdot \sin \theta$ を基に角度情報 $\sin \theta$ 及び $\cos \theta$ を検出し、それらを演算することなく、そのまま異常領域判定マップ上に写像（マッピング）して異常か正常かを判定する。

10 まず、本発明で最も重要な異常領域判定マップについて第6図を参照して説明する。異常領域判定マップは $\sin \theta$ 及び $\cos \theta$ で構成され、第6図においては、X軸に $\sin \theta$ を、Y軸に $\cos \theta$ をそれぞれ対応させて構成されている。異常領域判定マップには、原点G（0，0）を中心に3つの同心円及び2つの四角形が表示されている。

15 最初に3つの同心円について説明する。一番内側の同心円は $(\sin \theta)^2 + (\cos \theta)^2 = P_{min}$ 、真中の同心円は $(\sin \theta)^2 + (\cos \theta)^2 = 1$ 、一番外側の同心円は $(\sin \theta)^2 + (\cos \theta)^2 = P_{max}$ の円がそれぞれ表示されている。大きな四角形 α は一辺が $2 \times P_{max}$ の正方形であり、小さな四角形 β は一辺が $2 \times (P_{min} / \sqrt{2})$ の四角形である。ここで、正常領域とは、大きな四角形 α と小さな四角形 β に囲まれた斜線部範囲が正常範囲を示し、それ以外の領域は異常範囲を示す。なお、上述した判定基準の P_{min} 或いは P_{max} は検出の精度やモータの極数などの影響を考慮して、 P_{max} 及び P_{min} により異常検出精度を調整することができる。これら P_{max} 及び P_{min} を適切に設定することにより、モータ駆動中の故障や経年変化によるレゾルバの検出精度の異常を検出できる。

ここで、 $(\sin \theta)^2 + (\cos \theta)^2 = 1$ は従来技術で使用した正常の判定基準であり、 $(\sin \theta)^2 + (\cos \theta)^2 = 0.9$ 及び 1.1 は、 $0.9 < (\sin \theta)^2 + (\cos \theta)^2 < 1.1$ の正常範囲を示すためのものである。よって、本発明で正常領域と見なす範囲（斜線部領域）は、従来の正常範囲より広いことが分かる。

このように正常領域が広い領域になっている理由は、本発明では $(\sin \theta)^2 + (\cos \theta)^2$ の演算を実施していないことにある。従来の異常判定では $(\sin \theta)^2 + (\cos \theta)^2$ の演算を実施した後で、その結果が $(\sin \theta)^2 + (\cos \theta)^2 = 1$ 、或いは $0.9 < (\sin \theta)^2 + (\cos \theta)^2 < 1.1$ で判定していた。この処理で問題となるのは、 $(\sin \theta)^2 + (\cos \theta)^2$ の演算がソフトウェアで処理する場合は CPU の負担となり、処理時間も必要で高速に処理できなかった。ハードウェアで処理する場合も、これらの処理のためのハードウェアが必要となり、部品点数を多く必要とする問題があった。ところが、本発明では $(\sin \theta)^2 + (\cos \theta)^2$ の処理を行わず、 $\sin \omega t \cdot \sin \theta$ 及び $\sin \omega t \cdot \cos \theta$ から得られた $\sin \theta$ 及び $\cos \theta$ をそのまま組み合わせ、例えば $(\sin \theta 1, \cos \theta 1)$ を上述した異常領域判定マップにそのまま写像して正常、異常を判定することにした。この結果、判定のための処理が早く、また、処理のための CPU への負担を大幅に緩和することができるからである。

しかし、 $(\sin \theta)^2 + (\cos \theta)^2$ の処理を実行しなくなったため、本発明の判定領域（斜線部範囲）は従来の判定範囲より広くとる必要が生じる。例えば第 6 図において、 $(\sin \theta, \cos \theta)$ の組み合わせが A 点、D 点、E 点の場合は正常であり、B 点、C 点の場合は異常と判定される。A 点は従来の判定基準でも正常であり、B 点、C 点は従来の判定基準でも異常であるので、判定結果に変更はない。しかし、D 点及

びE点は、従来の判定基準では異常であるが、本発明では正常と判定される。従来は $(\sin \theta)^2 + (\cos \theta)^2$ の処理を実行していたため、D点及びE点の異常判定が可能であったが、本発明では組み合わせ $(\sin \theta, \cos \theta)$ をそのまま写像するため、厳密な判定ができな
5 くなったことによる。

しかし、実用的な面を考慮すれば、D点やE点の判定を厳密に実行する必要がないのである。つまり、レゾルバ10の出力が異常となるのは、ほとんどの場合、レゾルバの回路や配線に天絡、地絡が発生する場合であり、そのような原因を起因とする組み合わせ $(\sin \theta, \cos \theta)$
10 はX軸或いはY軸上を往復する軌跡となり、D点やE点到長く留まることは無いからである。つまり、現実にはほとんど有り得ない事態を判定するために、従来は $(\sin \theta)^2 + (\cos \theta)^2$ の処理を実行していたことになる。また、不完全な断線であっても、ステアリングの挙動に大きく影響する異常については上述した判定領域で充分検出可能であ
15 る。よって、現実にはほとんど発生しない事態を考慮しなくても実用上問題はなく、その結果、本発明では処理速度が格段に高速になり、CPUへの負担を大幅に軽減できる効果が得られる。

以上が、本発明の最も重要な異常領域判定マップについての説明である。以下、図を参照して本発明の好適な実施例について説明する。

20

[第1実施例]

先ず、本発明をソフトウェアで処理した場合の実施例について説明する。

第7図において、レゾルバ10から出力される \sin 信号 ($\sin \omega t \cdot \sin \theta$) 及び \cos 信号 ($\sin \omega t \cdot \cos \theta$) は、図示しないAD変換器を経由してCPU回路16に入力される。なお、搬送波発
25

振回路 12 から出力される搬送波信号 $\sin \omega t$ は直接 CPU 回路 16
 に入力されず、ピーク検出回路 20 に入力されて搬送波 $\sin \omega t$ のピーク時を検出する。具体的には、搬送波信号 $\sin \omega t$ がピーク検出回路 20 に入力され、ピーク値設定回路 24 の示す搬送波信号 $\sin \omega t$
 5 のピーク値と搬送波が比較回路 22 にて比較され、その比較結果によってピーク時が検出される。ピーク検出回路 22 と CPU 回路 16 の間に配設された分周回路 32 は、搬送波 $\sin \omega t$ の周期の整数倍の遅い周期で、搬送波のピーク時を CPU 回路 16 へ入力する。搬送波の周期に同期して搬送波のピーク時を CPU 回路 16 へ入力する場合は、分周回路 16 は不要である。また、搬送波 $\sin \omega t$ の零クロス時を検出して、 $\pi/2$ のタイミングだけずらしてピーク時としても良い。

次に、CPU 回路 16 内の処理について、第 8 図のフローチャートを参照して説明する。

15 先ず、CPU 回路 16 は、搬送波信号 $\sin \omega t$ のピーク時、或いは分周回路 32 を経由した場合は搬送波の周期の整数倍に間引いて、ピーク時を読み込む（ステップ S201）。その搬送波 $\sin \omega t$ のピークに同期して、 \sin 信号（ $\sin \omega t \cdot \sin \theta$ ）から $\sin \theta$ である \sin 角度信号を検出する（ステップ S202）。同様に、搬送波 $\sin \omega t$ のピークに同期して、 \cos 信号（ $\sin \omega t \cdot \cos \theta$ ）から
 20 $\cos \theta$ である \cos 角度信号を検出する（ステップ S203）。

次に、前記 \sin 角度信号及び \cos 角度信号の組み合わせ（ $\sin \theta$ 、 $\cos \theta$ ）が第 6 図で示した異常領域判定マップに写像され（ステップ S204）、その組み合わせの値について異常か正常かを判定する（ステップ S205）。例えば、前記 \sin 角度信号及び \cos 角度信号が第 6 図の A 点の組み合わせ（ $\sin \theta 1$ 、 $\cos \theta 1$ ）であった場合には、正常と判定する。そして、 \sin 角度信号及び \cos 角度信号
 25

が第 6 図の B 点の組み合わせ ($\sin \theta^2$ 、 $\cos \theta^2$) であった場合には、異常と判定する。最後に、異常の場合は、電動パワーステアリング装置のアシスト量を制限するなど、何らかの保護動作に入る (ステップ S 2 0 6)。

5 なお、第 6 図に対応する異常領域判定マップの一例を、第 9 図に示す。 \sin 角度信号 ($\sin \theta$) 及び \cos 角度信号 ($\cos \theta$) の値の正常、異常の判定の閾値をテーブルとして設定し、第 9 図のような正常領域 (斜線部) 及び異常領域が構成される。このようにすれば、ソフトウェアで I F 文を使用せずに判定することが可能である。

10 このように本実施例の異常判定では、 \sin 角度信号及び \cos 角度信号の組み合わせで正常異常を判定するので、従来のように ($\sin \theta$)² + ($\cos \theta$)² の演算を実行する必要がないので処理速度が速く、また、割り込み処理、A/D 変換の CPU リソース消費が少なく、CPU への負担が少なくて良いという優れた効果がある。また、分周回路を用
15 いて、搬送波の周期の整数倍の周期で搬送波のピーク時を読み込めば、CPU への負担は更に少なくできる。

更に、異常領域判定マップを用いて角度検出器などの異常を検出できるので、レゾルバディジタル変換回路 1 4 の有する異常検出も使用すれば、角度検出器などの異常を二重に監視できる。このため、レゾルバ
20 デジタル変換回路単独の監視に比較し、信頼性を一層向上させることができる。

[第 2 実施例]

ハードウェア処理による第 2 実施例を、第 1 0 図及び第 1 1 図を参照
25 して説明する。第 1 0 図に示すように、 \sin 信号、 \cos 信号及び搬送波信号が CPU 1 6 に入力される前段に異常判定回路 1 8 が配設され、

\sin 信号、 \cos 信号の正常異常を判定した後に、その結果を CPU 16 に入力するようになっている。

第 11 図を参照して、異常判定回路 18 の構成及び動作を説明する。

搬送波信号 $\sin \omega t$ がピーク検出回路 20 に入力され、ピーク値設定回路 24 の示す搬送波信号 $\sin \omega t$ のピーク値と搬送波とが比較回路 22 において比較され、その比較結果によってピーク時が検出される。

第 11 図では、分周回路 32 がピーク検出回路 32 の出力に接続されているが、分周回路 32 が配設されていない場合は、その検出されたピーク時に同期して、サンプルホールド回路（以下、「SH 回路」と記す）

26 で \sin 信号から \sin 角度信号 ($\sin \theta$) がホールドされ、また、SH 回路 28 で \cos 信号から \cos 角度信号 ($\cos \theta$) がホールドされる。SH 回路 26 及び SH 回路 28 の出力にローパスフィルタ回路 (LPF 回路) 34 及び LPF 回路 36 がそれぞれ配設されているが、ノイズ除去のためのものである。なお、分周回路 32 がピーク検出回路 32 の出力側に配設されている場合については、後述する。

次に、検出された \sin 信号及び \cos 信号が異常領域判定マップに相当するハードウェア構成の異常領域判定回路 30 に入力され、正常異常が判定される。異常領域判定回路 30 は、電圧レベルを比較する比較回路などを組み合わせて構成することができ、入力された \sin 角度信号及び \cos 角度信号の組み合わせ ($\sin \theta$ 、 $\cos \theta$) が、例えば第 6 図の A 点 ($\sin \theta 1$ 、 $\cos \theta 1$) であった場合には正常と判定する。また、前記 \sin 角度信号及び \cos 角度信号が第 6 図の B 点の組み合わせ ($\sin \theta 2$ 、 $\cos \theta 2$) であった場合には異常と判定する。正常或いは異常を示す異常領域判定回路 30 の出力が、異常判定回路 18 の出力となる。

このように本発明をハードウェアで処理することも可能であり、CP

U回路16の負担を軽減することができる。本発明は、従来のように $(\sin \theta)^2 + (\cos \theta)^2$ の演算を実行する必要がなく、ピーク検出回路20を含めて電圧レベルを比較する比較回路のみで構成でき、ハードウェア構成が簡単で処理速度も速くなる。

- 5 次に、分周回路32がピーク検出回路32の出力側に配設されている場合について、第11図を参照して説明する。 \sin 角度信号及び \cos 角度信号のサンプリングを搬送波信号のピークに同期して頻繁にサンプリングする必要はなく、第1実施例のように、間引いてサンプリングしても本発明の効果は期待できる。これは、異常検出の精度或いは速度
- 10 の問題に関わるもので、厳密に検出しようとするればサンプリングを頻繁にする方が好ましいが、実用的な見地からすれば、搬送波信号のピークに同期して頻繁にサンプリングする必要はない。

- 分周回路32がピーク検出回路20とSH回路26、SH回路28との間に配設されており、その動作は次のようになる。分周回路32の動作によって、搬送波 $\sin \omega t$ のピーク時に同期せずに、搬送波の周期の整数倍の周期の遅い周期に同期して、SH回路26で \sin 信号から \sin 角度信号($\sin \theta$)がホールドされ、また、SH回路28で \cos 信号から \cos 角度信号($\cos \theta$)がホールドされる。そして、SH回路26及びSH回路28で検出された \sin 角度信号及び \cos
- 15 角度信号がそれぞれ異常領域判定回路30に入力され、正常異常が判定される。
- 20

- 上述したように、 \sin 信号及び \cos 信号を搬送波の周期の整数倍の周期の遅い周期に同期して読み込んで判定することにより、CPU回路16への取り込み回数及びそれに伴う処理回数が減少し、CPU回路
- 25 の負担が小さくなる。

また、本発明をハードウェア構成とした場合でも、異常領域判定回路

を用いて角度検出器などの異常を検出できるので、レゾルバディジタル変換回路14が持っている異常検出機能も使用すれば、角度検出器などの異常を二重に監視できるので、レゾルバディジタル変換回路単独の監視に比べて信頼性を向上させることができる。

5

ところで、モータの回転角度 θ を検出するレゾルバディジタル変換回路が故障した場合、角度検出器から出力される信号に基いてレゾルバディジタル変換回路で検出される回転角度 θ は信頼性の欠いたものになっている。そこで、レゾルバディジタル変換回路が故障した場合でも、レゾルバから出力される \sin 信号及び \cos 信号を用いて、例えば3相モータのロータの回りに120度毎に配設されたホールセンサ或いはホールICが出力する回転角度の情報と、精度的に同程度の回転角度情報を検出することが可能である。その原理を以下に説明する。

角度検出器としてのレゾルバから出力された \sin 信号($\sin \omega t \cdot \sin \theta$)及び \cos 信号($\sin \omega t \cdot \cos \theta$)から、搬送波信号 $\sin \omega t$ のピーク値に同期して、又は零クロス点から $\pi/2$ 位相をずらして、 \sin 信号及び \cos 信号をホールドして、 \sin 角度信号($\sin \theta$)及び \cos 角度信号($\cos \theta$)がそれぞれ検出される。

第12図は、検出された \sin 角度信号及び \cos 角度信号を示したものである。ここで、 \sin 角度信号及び \cos 角度信号に対して、次のような処理をすると、3相モータのロータ回りに120°間隔で配置された3個のホールセンサが出力する回転角度信号と同等の情報を得ることができる。

先ず \cos 角度信号から形成される信号を求めるために、 \cos 角度信号の極性を判定する。つまり $\text{sign}(\cos \theta)$ が正であるか、負であるかを判定する。

$\cos \theta$ が正の場合、 $C = \text{sign}(\cos \theta) = 1$ とする。

$\cos \theta$ が負の場合、 $C = \text{sign}(\cos \theta) = 0$ とする。

次に、 \sin 角度信号から形成される信号を求めるために、 \sin 角度信号の値のレベルと 2 つの閾値 (“0.5” と “-0.5”) とを用いて大小の判定を行い、その判定結果をそれぞれ Label 1 と Label 2 とする。具体的には、下記の通りである。

$\sin \theta > 0.5$ の場合、 $B = \text{Label 1}(\sin \theta > 0.5)$
 $= 1$

10 $\sin \theta < 0.5$ の場合、 $B = \text{Label 1}(\sin \theta > 0.5)$
 $= 0$

及び

$\sin \theta < -0.5$ の場合、 $A = \text{Label 2}(\sin \theta < -0.5) = 1$

15 $\sin \theta > -0.5$ の場合、 $A = \text{Label 2}(\sin \theta < -0.5) = 0$

モータのロータ位置を 360 度に対して 6 分割した回転角度エリアを第 13 図に示す。この角度エリアに対応した $\cos \theta$ の極性 = C 、 $\sin \theta$ のレベル判定 $\text{Label 1} = B$ 、 $\text{Label 2} = A$ 、 $S1 = 4A + 2B + C$ をそれぞれ定義し、回転角度エリアと $S1$ 、 A 、 B 、 C との関係を表に示すと、表 1 のようになる。ここで、3 ビット信号 (A 、 B 、 C) が \cos 角度信号から形成される信号と、 \sin 角度信号から形成される 3 ビットの回転角度信号となるが、信号 $S1$ も形を変えた 3 ビットの回転角度信号である。

レゾルバ信号の極性及びレベル判定による信号

回転角度エリア	$S1=4A+2B+C$	$A=Level\ 2$	$B=Level\ 1$	$C=sign(cos\ \theta)$
330° ~ 30°	1	0	0	1
30° ~ 90°	3	0	1	1
90° ~ 150°	2	0	1	0
150° ~ 210°	0	0	0	0
210° ~ 270°	4	1	0	0
270° ~ 330°	5	1	0	1
無し (エラー)	6	1	1	0
無し (エラー)	7	1	1	1

表 1

回転角度エリア (330° ~ 30°) では、レゾルバからの出力信号
 5 に基いて作成される組み合わせ3ビットの回転角度信号 (Level 2, Level 1, $sign(cos\ \theta)$) は、(0, 0, 1) となる。回転角度エリア (30° ~ 90°) では、(0, 1, 0) の3ビット回転角度信号が形成される。S1 = 6, 7 はレゾルバ又はレゾルバデジタル変換回路のどちらかの故障を示す。

10 同様に第13図に示すように、ロータの回りに120度毎に配設された3個のホールセンサHS1, HS2, HS3の出力信号を、 $A=HS3$ の出力信号、 $B=HS2$ の出力信号、 $C=HS1$ の出力信号、 $S2=4A+2B+C$ とそれぞれ定義し、表1の回転角度エリアに対応して、S2, A, B, Cの値を示すと表2のようになる。

15

ホールセンサ信号

回転角度エリア	$S2=4A+2B+C$	$A=HS3$	$B=HS2$	$C=HS1$
---------	--------------	---------	---------	---------

ア	C			
3 3 0 ~ 3 0°	1	0	0	1
3 0 ~ 9 0°	3	0	1	1
9 0 ~ 1 5 0°	2	0	1	0
1 5 0 ~ 2 1 0°	6	1	1	0
2 1 0 ~ 2 7 0°	4	1	0	0
2 7 0 ~ 3 3 0°	5	1	0	1
無し (エラー)	0	0	0	0
無し (エラー)	7	1	1	1

表 2

ここで、回転角度エリアと (A, B, C) で構成される 3 ビットの回転角度信号 (以下、「3 ビット信号」と記す) との関係を見ると、先ず

5 表 1 において、各回転角度エリア同士で 3 ビット信号が互いに同じ値になることはなく、ロータの回転角度エリアと 3 ビット信号を一対一で対応させることができる。次に、表 2 においても、各回転角度エリア同士で 3 ビット信号が互いに同じ値になることはなく、ロータの回転角度エリアと 3 ビット信号を一対一で対応させることができる。

10 次に、表 1 と表 2 を比較すると、回転角度エリア (1 5 0° ~ 2 1 0°) を除いて、全ての回転角度エリアにおいて、表 1 の 3 ビット信号と表 2 の 3 ビット信号が同じである。例えばロータが回転角度エリア (3 3 0° ~ 3 0°) では、表 1 の 3 ビット信号 (0, 0, 1) と表 2 の 3 ビット信号 (0, 0, 1) は同じであり、回転角度エリア (3 0° ~ 9

15 0°) でも、表 1 の 3 ビット信号 (0, 1, 1) と表 2 の 3 ビット信号 (0, 1, 1) は同じである。唯一、回転角度エリア (1 5 0° ~ 2 1 0°) で、表 1 の 3 ビット信号 (0, 0, 0) と表 2 の 3 ビット信号 (1,

1, 1) が異なる。S 1 と S 2 との関係で表現すれば、回転角度エリア (150° ~ 210°) では、S 1 = 0 で S 2 = 6 となり、ステップ S 1 とステップ S 2 は異なった値をとる。

そこで、表 1 と表 2 の異なる部分は、変換し直せばロータの全ての回転角度エリアで当該角度処理回路の出力の 3 ビット信号と、ホールセンサの 3 ビットの出力信号とが等しくなる。例えば回転角度エリア (150° ~ 210°) において、表 1 の (0, 0, 0) を表 2 の (1, 1, 0) に変換し直せば、レゾルバの出力信号を入力とする角度処理回路で検出した 3 ビットの回転角度信号は、全てホールセンサで得られる 3 ビットの回転角度信号に変換し直すことができる。具体的を実施する場合は、3 ビット信号同士の変換より、S 1 信号と S 2 信号との変換の方が容易である。この場合、3 ビットの回転角度信号はホールセンサと同等の信号であるので、ホールセンサ異常検出方法 (例えば特願 2003-352275) などをもそのまま適用して角度処理回路の異常を検出することができる。

一方、モータのロータの回りに 120 度毎に配設された 3 個のホールセンサの信号から形成される 3 ビットの回転角度信号で、モータを矩形波電流制御できることは従来から良く知られている。つまり、角度処理回路で検出された 3 ビットの回転角度信号をホールセンサの 3 ビットの回転角度信号に変換すれば、同じようにモータを矩形波電流制御できることは明らかである。

また、以上の説明は 3 相モータを一例とした説明であったが、3 相以外の n 相モータ (5 相、7 相...) であっても、適切に sin 角度信号や cos 角度信号のレベル判定を n 箇所 (n ビット) で行えば、n 相モータの周囲に配されたホールセンサから得られる回転角度信号と同等の回転角度信号を得られることは言うまでもない。

[第 3 実施例]

以上説明した本発明の理論に基いて、本発明の好適な実施例を、第 5 図に対応させて示す第 1 4 図を参照して説明する。第 1 4 図は本発明の
5 角度処理回路 5 0 を含む電動パワーステアリング装置の制御装置全体を示すブロック構成図であり、第 1 5 図は角度処理回路 5 0 をハードウェアで実現し、角度処理回路 5 0 の詳細を示すブロック構成図である。

第 1 4 図の実施例は、通常の制御で使用されるベクトル制御部（破線 A で囲まれた部分）と、レゾルバやレゾルバディジタル変換回路が異常
10 になった場合の異常事態に使用する矩形波制御（破線 B で囲まれた部分）とで構成されている。ベクトル制御部 A と矩形波制御部 B との切替
えは、レゾルバディジタル変換回路 3 1 1 は一般的に自己の異常を監視
している異常検出端子である E 端子を備えているので、レゾルバディ
ジタル変換回路 3 1 1 の故障検出機能を利用している。また、角度処理回
15 路 5 0 に自己の異常を監視している異常検出端子の E 端子を備えている
場合は、角度処理回路 5 0 の E 端子信号で切替えを実行しても良い。

先ず、通常の制御で使用される従来技術で説明したベクトル制御部の方から説明する。トルクセンサ 1 0 7 で検出されたトルク値 T_r と車速
センサ 3 1 3 で検出された車速値 V とがトルク指令値演算部 3 1 9 に入
20 力され、トルク指令値 T_{ref} が出力される。そして、スイッチ 4 5 0
はレゾルバディジタル変換回路 3 1 1 の故障検出機能の出力端子 E の信号に基き、通常はベクトル制御部 A を選択している。

トルク指令値 T_{ref} は電流指令値算出部 4 5 2 - 1 に入力され、電
流指令値 I_{dref} 、 I_{qref} が算出される。算出された電流指令値
25 I_{dref} 、 I_{qref} と、電流検出回路 3 1 2 で検出され、3 相 / 2
相変換部 4 5 6 - 1 で変換された電流 I_d 、 I_q とが減算部 4 5 3 - 1

で偏差 ΔI_d 、 ΔI_q ($\Delta I_d = I_{dref} - I_d$ 、 $\Delta I_q = I_{qref} - I_q$) が算出される。次に、算出された偏差 ΔI が P I 制御部 454-1 に入力され、電圧指令値 V_{dref} 、 V_{qref} が算出される。電圧指令値 V_{dref} 、 V_{qref} は 2 相 / 3 相 変換手段 455-1 に
5 入力され、3 相に変換された電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 、 V_{cref} に変換される。

スイッチ 451 は、レゾルバディジタル変換回路 311 の故障検出機能の出力端子 E の信号に基き、通常は電圧指令値として、2 相 / 3 相 変換部 455-1 から出力された電圧指令値 V_{aref} 、 V_{bref} 、 V_{cref} を選択している。その電圧指令値に基き PWM 制御部 325 は
10 PWM 信号を発生させ、インバータ回路 326 はその PWM 信号に基き、モータ 108 にモータ電流 I_a 、 I_b 、 I_c を供給する。

通常、ベクトル制御を用いてモータ 108 は正弦波電流による制御が実行されている。これは、モータ 108 の回転角度 θ を精度良く検出で
15 きることによって可能となる。具体的には、モータ 108 の回転角度 θ の情報は、レゾルバ 310 から出力された搬送波 $\sin \omega t$ 、 \sin 信号及び \cos 信号が主角度処理回路としてのレゾルバディジタル変換回路 311 に入力され、回転角度 θ が出力される。そして、回転角度 θ は、上述した制御動作の過程で 2 相 / 3 相 変換や 3 相 / 2 相 変換などに利用され
20 ている。レゾルバディジタル変換回路 311 が正常に動作している場合は、レゾルバディジタル変換回路から出力される回転角度 θ は精度の良い信頼できる情報なので、その回転角度に基いて制御が実行されれば良い。

しかし、レゾルバディジタル変換回路 311 が故障した場合、電動パ
25 ワーステアリング装置を用いて継続してアシストを維持したい場合、レゾルバディジタル変換回路 311 から角度処理回路 50 へ切り替え、角

度処理回路 5 0 が出力するホールセンサ相当の 3 ビットの回転角度信号に基いてモータ 1 0 8 を矩形波電流制御で駆動すれば、アシストの継続が可能である。

以下、レゾルバ 3 1 0 及びレゾルバディジタル変換回路 3 1 1 が異常になった場合の矩形波電流制御によるモータ制御について説明する。角度処理回路 5 0 については、後で詳細に説明するので、先ず矩形波電流制御について説明する。

レゾルバディジタル変換回路 3 1 1 は、レゾルバ 3 1 0 及びレゾルバディジタル変換回路 3 1 1 を自己監視しており、異常になると E 端子か
10 た故障信号を出力する。これによって、スイッチ 4 5 0 及びスイッチ 4 5 1 は切り替えられ、スイッチ 4 5 0 はトルク指令値演算部 3 1 9 と電流指令値演算部 4 5 2 - 2 とを連結し、スイッチ 4 5 1 は P I 制御部 4 5 4 - 2 と P W M 制御部 3 2 5 とを連結する。

よって、トルク指令値演算部 3 1 9 から出力されたトルク指令値 T_{ref}
15 $e f$ と、副角度処理回路としての角度処理回路 5 0 の出力である 3 ビット回転角度信号とが電流指令値演算部 4 5 2 - 2 に入力され、矩形波電流制御のための電流指令値 I_{aref} , I_{bref} , I_{cref} が出力される。次に、電流検出器 3 1 2 で検出されたモータ電流 I_a , I_b , I_c と、電流指令値 I_{aref} , I_{bref} , I_{cref} との偏差が減
20 算部 4 5 3 - 2 で算出され、その偏差は P I 制御部 4 5 4 - 2 に入力される。P I 制御部 4 5 4 - 2 は電圧指令値 V_{aref} , V_{bref} , V_{cref} を出力する。

スイッチ 4 5 1 を介して、この電圧指令値 V_{aref} , V_{bref} , V_{cref} が P W M 制御部 3 2 5 に入力される。P W M 制御部 3 2 5 は
25 電圧指令値に基いて矩形波電流制御用の P W M 信号を発生し、インバータ回路 3 2 6 はモータ 1 0 8 に矩形波電流 I_a , I_b , I_c を供給する。

このようにして、モータの回転角度 θ が正しく検出できない時は、角度処理回路 50 の出力する 3 ビットの回転角度信号に基いて矩形波電流制御を可能とし、電動パワーステアリング装置のアシスト継続が可能となる。

- 5 次に、第 15 図を参照して、本発明の要部である角度処理回路 50 の詳細な構成及び動作を説明する。

角度処理回路 50 は \cos 信号、 \sin 信号、搬送波信号を入力して 3 ビットの回転角度信号を出力する。搬送波信号 $\sin \omega t$ がピーク検出回路 510 に入力され、ピーク値設定器 512 が示す搬送波のピーク
10 値と搬送波とがレベル検出回路 511 で比較されることにより、搬送波のピーク時を検出することができる。或いは搬送波の零クロス点を検出し、位相を $\pi/2$ ずらすことによって、ピーク時を検出しても良い。

次に、ピーク検出回路 510 から出力する搬送波のピーク時を示す信号が分周回路 501 に入力される。分周回路 501 は、搬送波の周波数の整数倍の周波数を取り出すためのものである。なお、分周回路 501
15 が存在しなくても本発明は実現可能であり、分周回路 501 が存在しない場合は、後述する \sin 信号及び \cos 信号のサンプルホールドのタイミングを搬送波の周期に同期させ、頻繁にホールドすることになる。一方、分周回路 501 が存在する場合は、 \sin 信号及び \cos 信号の
20 サンプルホールドのタイミングを搬送波の周期の整数分の一とし、その頻度でサンプルホールドすることになる。求める \sin 信号及び \cos 信号の精度の粗さとサンプルホールドする頻度の負担との兼ね合いによって、分周回路の有無或いは分周の周期が決定される。

次に、分周回路 501 の出力信号のタイミングに同期して、或いは分
25 周回路 501 が存在しない場合は、ピーク検出回路 510 の出力信号のタイミングに同期して、SH 回路 502-1 において、入力された \cos

s 信号 ($\sin \omega t \cdot \cos \theta$) に対してサンプルホールドすることにより \cos 角度信号 ($\cos \theta$) がサンプルホールドされ、SH回路 502-2において、入力された \sin 信号 ($\sin \omega t \cdot \sin \theta$) に対してサンプルホールドすることにより \sin 角度信号 ($\sin \theta$) が
5 サンプルホールドされる。さらに、ノイズを除去するために、 \cos 角度信号及び \sin 角度信号はローパスフィルタ回路（以下、「LPF回路」と記す）503-1及びLPF回路 503-2をそれぞれ通過する。 \cos 角度信号及び \sin 角度信号を検出するための回路である第15図の破線Cで囲まれた部分である角度信号検出回路は、従来技術として
10 知られている。

本発明の要部となる部分について、以下説明する。

まず、LPF回路 503-1から出力される \cos 角度信号が、上記表1の極性を検出するためのレベル検出回路 521に入力される。同様に、LPF回路 503-2から出力される \sin 角度信号は、表1の
15 $Level 1$ を検出するためのレベル検出回路 523及び表1の $Level 12$ を検出するためのレベル検出回路 525にそれぞれ入力される。そして、レベル検出回路 521において、設定器 522が示す設定値 (0) と \cos 角度信号とが比較されることにより、 \cos 角度信号の極性である $sign(\cos \theta)$ が判定され、例えば正の場合は「1」が、負
20 の場合は「0」が出力される。

また、レベル検出回路 523に入力された \sin 角度信号は、設定器 524が示す設定値 (0.5) と比較され、 \sin 角度信号が 0.5 より大きい場合は「1」が出力され、 \sin 角度信号が 0.5 より小さい場合は「0」が出力され、 $Level 1$ の値が決定される。同様に、
25 レベル検出回路 525に入力された \sin 角度信号は、設定器 526が示す設定値 (-0.5) と比較され、 \sin 角度信号が -0.5 より小

い場合（絶対値で比較すると、 \sin 角度信号の絶対値が 0.5 より大きい場合）は「 1 」が出力され、 \sin 角度信号が -0.5 より大きい場合（絶対値で比較すると、 \sin 角度信号の絶対値が 0.5 より小さい場合）は「 0 」が出力され、 $Level 2$ の値が決定される。各レベル検出回路の出力、即ちレベル検出回路 521 、レベル検出回路 523 、レベル検出回路 525 の出力信号によって形成される 3 ビット信号が回転角度信号の基礎となる。

なお、設定器 524 及び設定器 526 が示す「 0.5 」及び「 -0.5 」は、 \sin 角度信号のピーク値を「 1 」とした場合の 50% のレベルを示す値である。

各レベル検出回路の出力から構成される 3 ビット信号は、モータに 120 度毎に配設されたホールセンサの信号と同じ出力形態にするための変換回路 520 に入力され、変換回路 520 から求める 3 ビットの回転角度信号が出力される。変換回路 520 はテーブルで構成し、 3 ビットの入力信号に対してホールセンサの出力に対応する 3 ビット信号を出力するよう構成すれば良い。以上説明した各回路の処理を経て、変換回路 520 から出力される 3 ビット信号が、最終的に角度処理回路 50 の出力である回転角度信号となる。

なお、上記実施例では、 \cos 角度信号を用いた極性と \sin 角度信号のレベル値の判定結果を $Level 1$ 及び $Level 2$ の値とした 3 ビットの回転角度信号を用いてモータを矩形波電流制御したが、 \sin 角度信号を用いた極性と、 \cos 角度信号のレベル値の判定結果を $Level 1$ 及び $Level 2$ の値とした 3 ビットの回転角度信号を用いても、モータを矩形波電流制御できることは言うまでもない。

また、上述した実施例では、角度処理手段をハードウェアで実現した場合について説明したが、角度処理手段の一部を第 16 図のフローチャ

ートに示す方法でソフトウェア的に実現することも可能である。

5 先ず、ハードウェアで処理する部分とソフトウェアで処理する部分に分ける。ハードウェアで処理する部分は、第14図の角度処理回路50の \sin 角度信号($\sin \theta$)及び \cos 角度信号($\cos \theta$)を検出し、それら信号がLPF回路503-1及びLPF回路503-2を通過するところまで(破線Aで囲まれた角度信号検出回路)はハードウェアで処理する。その後の処理からホールセンサ検出信号相当の3ビット信号を形成するところ(破線Bで囲まれた部分)をCPU回路において、以下のようにソフトウェア処理する。

- 10 即ち、 \cos 角度信号($\cos \theta$)及び \sin 角度信号($\sin \theta$)を読み込み(ステップS201)、 \cos 角度信号の極性を判定する。その極性($\text{sign}(\cos \theta)$)が正なら「1」、負なら「0」とする(ステップS202)。一方、 \sin 角度信号($\sin \theta$)が0.5より大きい小さいかを判定する。即ち、 $\sin \theta > 0.5$ ならLabel 11 = 「1」であり、 $\sin \theta < 0.5$ ならLabel 11 = 「0」である(ステップS203)。同じように、 \sin 角度信号が-0.5より大きい小さいかを判定する。即ち、 $\sin \theta < -0.5$ ならLabel 12 = 「1」であり、 $\sin \theta > -0.5$ ならLabel 12 = 「0」である(ステップS204)。次に、求めた \cos 角度信号の極性である
- 20 $\text{sign}(\cos \theta)$ 及びLabel 11, Label 12より構成される3ビット信号を形成する(ステップS205)。最後に、当該3ビット信号をホールセンサ信号に相当する信号に変換し、3ビットの回転角度信号を算出する(ステップS206)。このようにすれば、ソフトウェアとしても本実施例を実現することができる。

25

[第4実施例]

第 17 図は本発明の第 4 実施例を示している。第 4 実施例は、第 3 実施例のベクトル制御部 A を疑似ベクトル制御部 F に置き換えたものである。疑似ベクトル制御部（以下、「PVC 制御部」と記す）F は、電流指令値を 3 相 $I_{a\ ref}$ 、 $I_{b\ ref}$ 、 $I_{c\ ref}$ として算出するが、
5 トルク指令値 T_{ref} から電流指令値を算出する途中でベクトル制御を利用している。よって、モータの回転角度 θ を正しく検出する必要がある。レゾルバ 310 及びレゾルバディジタル変換回路 311 が正しく動作している必要がある。

10 先ず、レゾルバ 310 及びレゾルバディジタル変換回路 311 が正しく動作している場合は、スイッチ 450 及びスイッチ 451 は、電流指令値演算部 452-1 の入力と 2 相 / 3 相変換部 456-1 の出力とを選択する。電流指令値演算部 452-1 及び 2 相 / 3 相変換部 456-1 は、PVC 制御用の電流指令値 $I_{a\ v\ ref}$ 、 $I_{b\ v\ ref}$ 、 $I_{c\ v\ ref}$ を算出する。この電流指令値に基づいてモータは制御される。

15 一方、レゾルバ 310 又はレゾルバディジタル変換回路 311 が故障した場合は、第 3 実施例で説明したレゾルバディジタル変換回路 311 が故障を検出した場合は、矩形波電流制御を実行することは同じである。

20 以上説明したのは、主角度処理回路と副角度処理回路、それに対応した制御部が存在した場合について説明したが、レゾルバディジタル変換回路が存在しない場合は、本発明の角度処理手段の出力する 3 ビットの回転角度信号に基づいて、上述したレゾルバディジタル変換回路の故障時だけではなく、常時モータを矩形波電流制御することも可能である。

25 また、レゾルバディジタル変換回路を主角度処理手段とし、本発明の角度処理手段を副角度処理手段とした場合、レゾルバディジタル変換回路が正常動作している場合は、レゾルバディジタル変換回路の出力する回転角度 θ に基づいてモータを正弦波電流で制御し、レゾルバディジタル

変換回路が故障した場合は、副角度処理手段の出力する 3 ビットの回転角度信号に基いて、モータを正弦波電流制御から矩形波電流に切り替えて制御することができる。

よって、主角度処理手段であるレゾルバディジタル変換回路が故障して副角度処理手段を用いてモータを制御する場合、レゾルバディジタル変換回路が故障したときのモータの回転角度（回転位置）によって制限を受けることなく、モータを矩形波電流で制御できる優れた効果がある。また、従来課題であったレゾルバディジタル変換回路が故障したときのモータの回転角度（回転位置）によって制限を受けることなく、電動パワーステアリング装置を継続して制御でき、ハンドル操作が突然マニュアル操作になってハンドル操作に違和感のない優れた効果を期待できる。

本発明によれば、角度検出器の異常を判定するために、角度検出器から出力された情報を基に得られた $\sin \theta$ 及び $\cos \theta$ に対して、 $(\sin \theta)^2 + (\cos \theta)^2$ の演算を実行せずに $\sin \theta$ 及び $\cos \theta$ をそのまま異常領域判定マップに写像して判定できるので、従来と比較して処理速度が速く、ソフトウェア処理の場合は CPU に負担がかからず、或いはハードウェア処理の場合は処理に必要なハードウェア部品を多数必要としない優れた効果がある。

\sin 信号及び \cos 信号からそれぞれ \sin 角度信号及び \cos 角度信号を検出し、検出した \cos 角度信号から形成される信号と、 \sin 角度信号から形成される信号とから形成される回転角度信号を検出できる角度処理手段を具備すれば、当該回転角度信号はモータの周囲に配置したホールセンサが出力する回転角度信号と等価なので、モータを矩形波電流制御することが可能となる電動パワーステアリング装置の制御装置を提供できる効果がある。例えばモータが 3 相モータの場合、 \cos 角度信号の正負を表示する 1 ビット信号と、 \sin 角度信号の値のレ

ベルを表示する 2 ビット信号とから形成される 3 ビットの回転角度信号を検出できる角度処理手段を具備すれば、当該 3 ビットの回転角度信号は 3 相モータの周囲に 120 度毎に配置したホールセンサが出力する回転角度信号と等価なので、モータを矩形波電流制御することが可能となる

5 電動パワーステアリング装置の制御装置を提供できる効果がある。

また、主角度処理手段と副角度処理手段の二重系で回転角度信号を検出している場合、主角度処理手段が故障になったとき、前記角度処理手段から構成される副角度処理手段によってモータを矩形波電流制御することによって、マニュアル操作に遷移することなく電動パワーステアリング装置によるアシストを維持することが可能となる。

10

産業上の利用可能性

本発明のような簡易な副角度処理手段を設けることで、角度処理手段に故障が生じてもアシストが停止することのない故障に強い電動パワーステアリング装置を提供することができる。本発明では、 $\sin \theta$ 及び $\cos \theta$ の組み合わせが正常或いは異常の判定ができるマップを用意し、

15 検出した $\sin \theta$ 及び $\cos \theta$ の組み合わせを写像して判定するので、処理が簡単で処理速度が速く、CPU への負担が少なくて済み、全体に機能アップを図ることが可能となる。

請 求 の 範 囲

1. 車両の操舵系にモータによる操舵補助力を付与するための制御に必要な前記モータの回転角度 θ を検出するため、所定の周波数からなる搬送波信号 $\sin \omega t$ を供給し、前記搬送波信号を $\sin \theta$ により振幅変調した波形を有する \sin 信号 ($\sin \omega t \cdot \sin \theta$) 及び $\cos \theta$ により振幅変調した波形を有する \cos 信号 ($\sin \omega t \cdot \cos \theta$) を発生する角度検出器を具備する電動パワーステアリング装置の制御装置において、前記 $\sin \theta$ に対応する値と前記 $\cos \theta$ に対応する値との2値から構成され、かつ正常領域と異常領域とから構成される異常領域判定マップを具備し、前記 $\sin \theta$ 信号及び前記 $\cos \theta$ 信号からそれぞれ算出された前記 $\sin \theta$ 及び前記 $\cos \theta$ を前記異常領域判定マップに写像して、前記角度検出器の異常を判定することを特徴とする電動パワーステアリング装置の制御装置。

15

2. 前記異常領域判定マップが、前記 $\sin \theta$ に対応する値を X 座標の値とし、前記 $\cos \theta$ に対応する値を Y 座標の値とし、互いに直交する X 軸及び Y 軸で構成される領域上に、X 座標及び Y 座標の値が共に零である原点を中心に構成される四角形 α と、前記原点を中心に構成される前記四角形 α より小さい四角形 β とから囲まれる領域が正常領域となる請求の範囲第1項に記載の電動パワーステアリング装置の制御装置。

20

3. 前記搬送波信号に同期して、或いは前記搬送波の周期の整数倍の周期で、前記 $\sin \theta$ 及び前記 $\cos \theta$ を検出する請求の範囲第1項又は第2項に記載の電動パワーステアリング装置の制御装置。

25

4. 前記搬送波信号、前記 $\sin \theta$ 及び前記 $\cos \theta$ から前記角度検出器の異常を検出する角度検出処理回路と前記異常領域判定マップとを具備し、前記角度検出処理回路と前記異常領域判定マップとにより、前記

5 角度検出器の異常を2重に監視する請求の範囲第1項乃至第3項のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置の制御装置。

5. 車両の操舵系にモータによる操舵補助力を付与するための制御に必要な前記モータの回転角度 θ を検出するため、所定の周波数からなる搬送波信号 ($\sin \omega t$) を供給し、前記搬送波信号を $\sin \theta$ により振幅変調した波形を有する \sin 信号 ($\sin \omega t \cdot \sin \theta$) 及び $\cos \theta$ により振幅変調した波形を有する \cos 信号 ($\sin \omega t \cdot \cos \theta$) を発生する角度検出器を具備する電動パワーステアリング装置の制御装置において、前記 \sin 信号及び前記 \cos 信号からそれぞれ \sin

15 n 角度信号 ($\sin \theta$) 及び \cos 角度信号 ($\cos \theta$) を検出し、前記 \cos 角度信号から作成される信号と、前記 \sin 角度信号から作成される信号とから作成される回転角度信号を出力する角度処理手段を具備し、前記回転角度信号に基いて前記モータが制御されることを特徴とする電動パワーステアリング装置の制御装置。

20

6. 前記モータが3相ブラシレスモータであり、前記 \cos 角度信号から作成される信号が、前記 \cos 角度信号の値の正負を表示する1ビット信号であり、前記 \sin 角度信号から作成される信号が、前記 \sin 角度信号の値のレベルを判定する2つの閾値によって大小を判定された

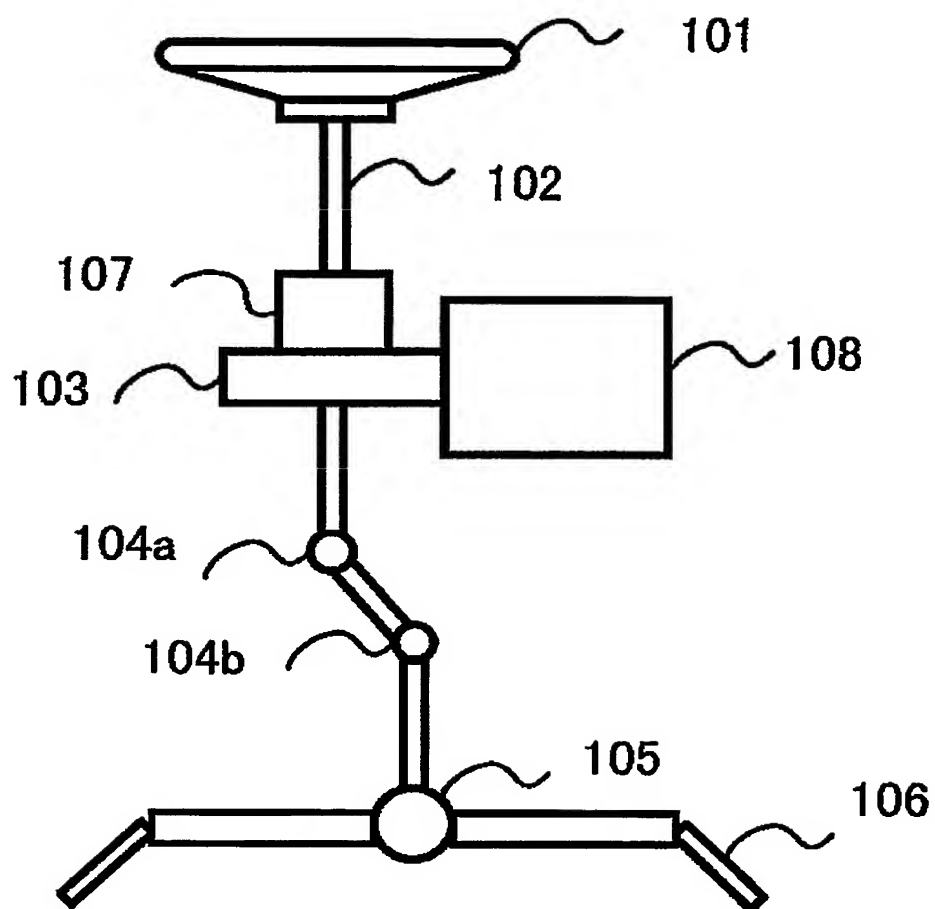
25 それぞれの結果を表示する2つの1ビット信号である請求の範囲第5項に記載の電動パワーステアリング装置の制御装置。

7. 前記 \sin 信号及び前記 \cos 信号から、前記搬送波信号に同期して、或いは、前記搬送波の周期の整数倍の周期に同期して、前記 \sin 角度信号及び前記 \cos 角度信号をそれぞれ検出する請求の範囲第 5 項又は第 6 項に記載の電動パワーステアリング装置の制御装置。

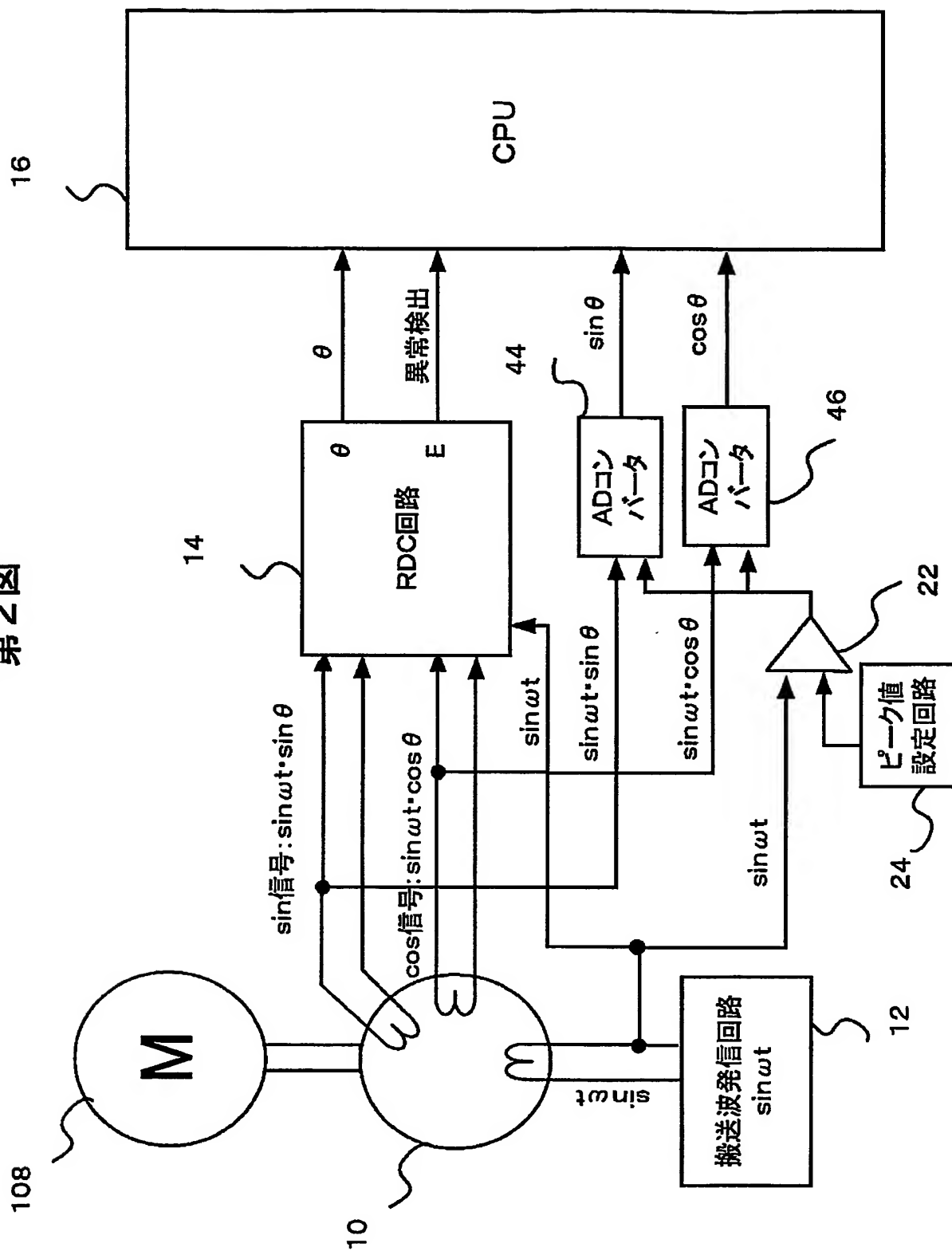
8. 前記角度処理手段から構成される副角度処理手段と、前記回転角度 θ を検出するための主角度処理手段とを具備し、前記主角度処理手段が故障した場合、前記主角度処理手段が検出した前記回転角度 θ に代えて、
10 前記副角度処理手段の出力する前記回転角度信号に基いて前記モータを制御する請求の範囲第 5 項乃至第 7 項のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置の制御装置。

9. 前記回転角度 θ に基いて制御される場合の前記モータに通電される
15 電流は正弦波電流であり、前記回転角度信号に基いて制御される場合の前記モータに通電される電流は矩形波電流である請求の範囲第 8 項に記載の電動パワーステアリング装置の制御装置。

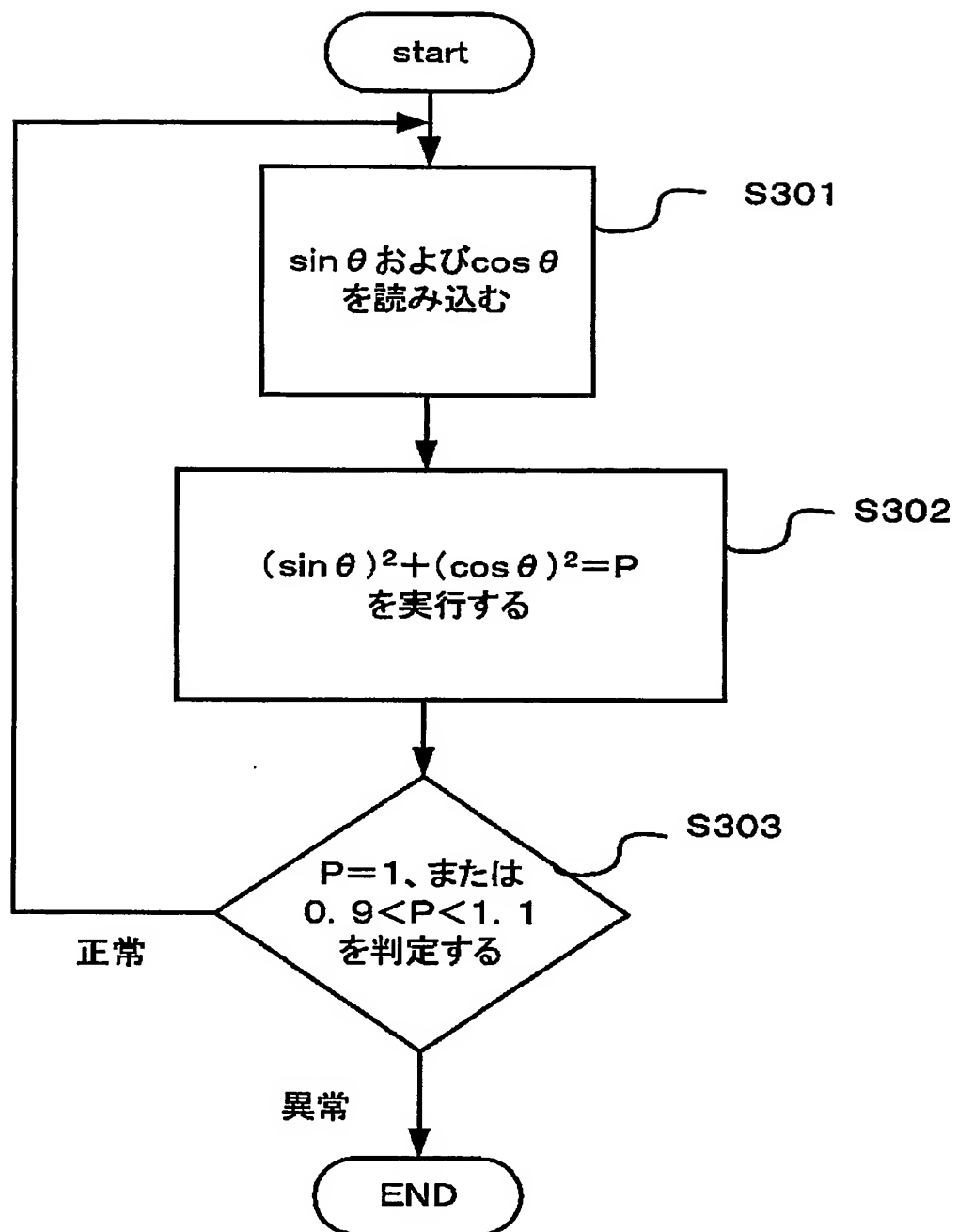
第 1 図



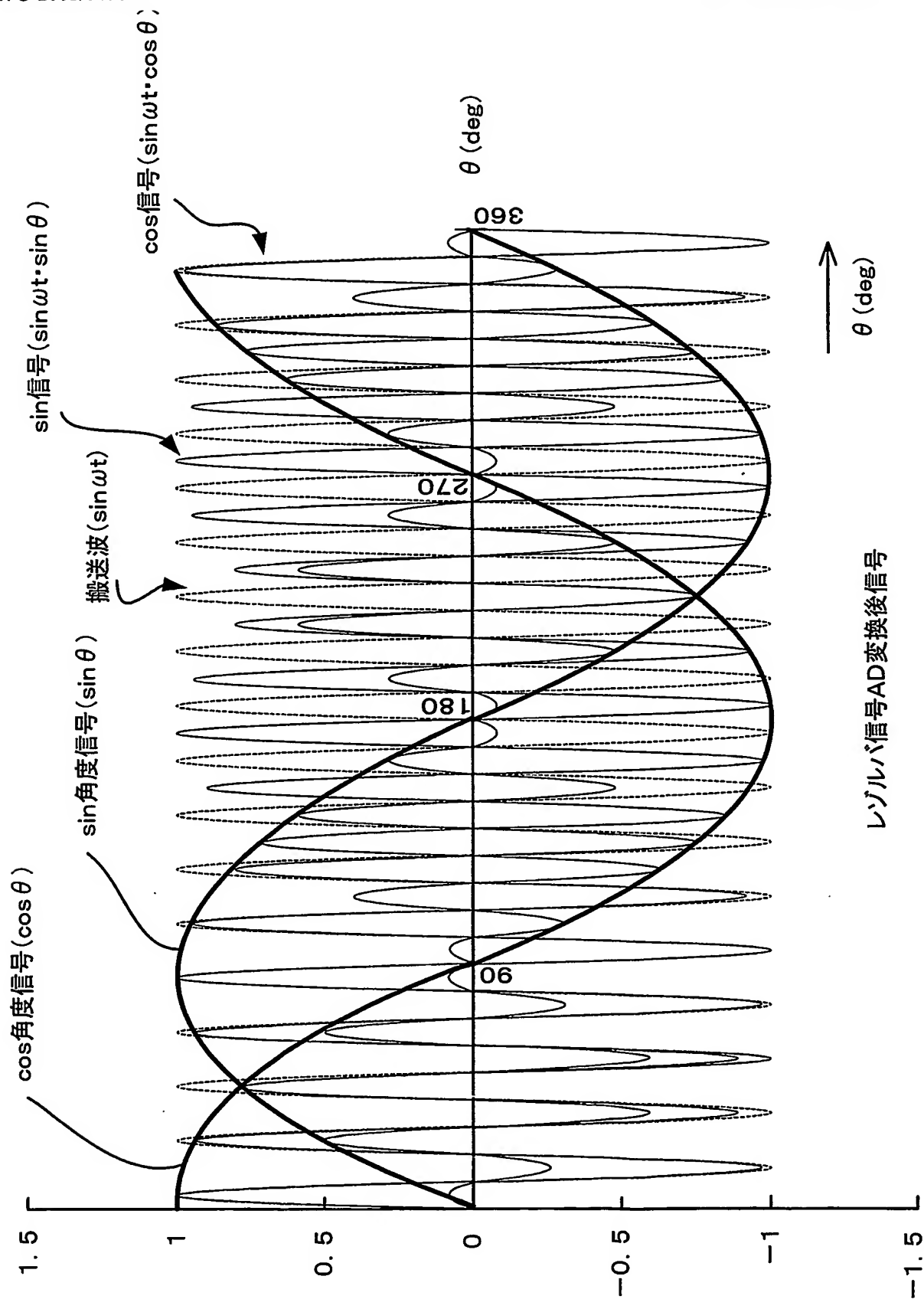
第2図



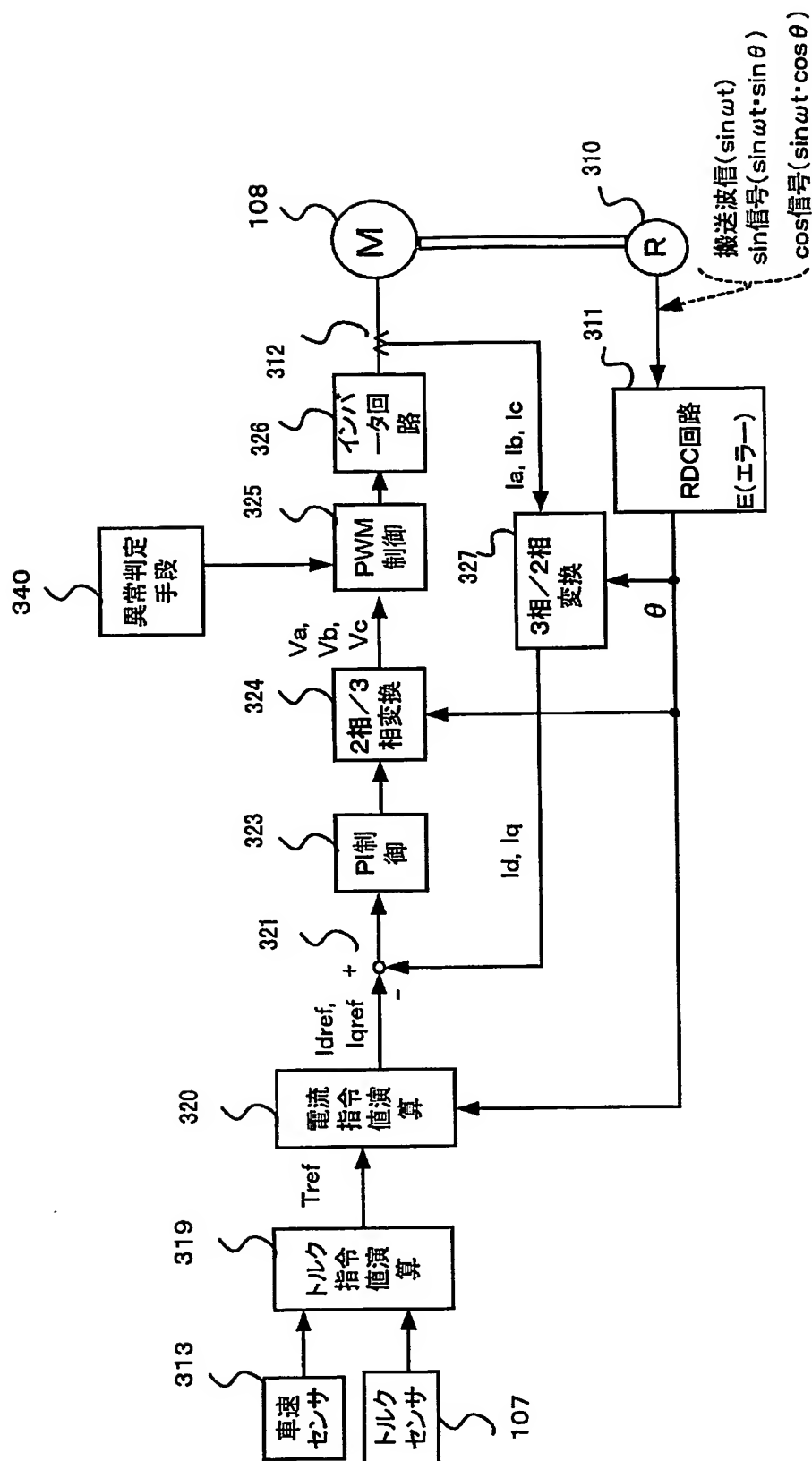
第3図



第4図



第5図



第6図

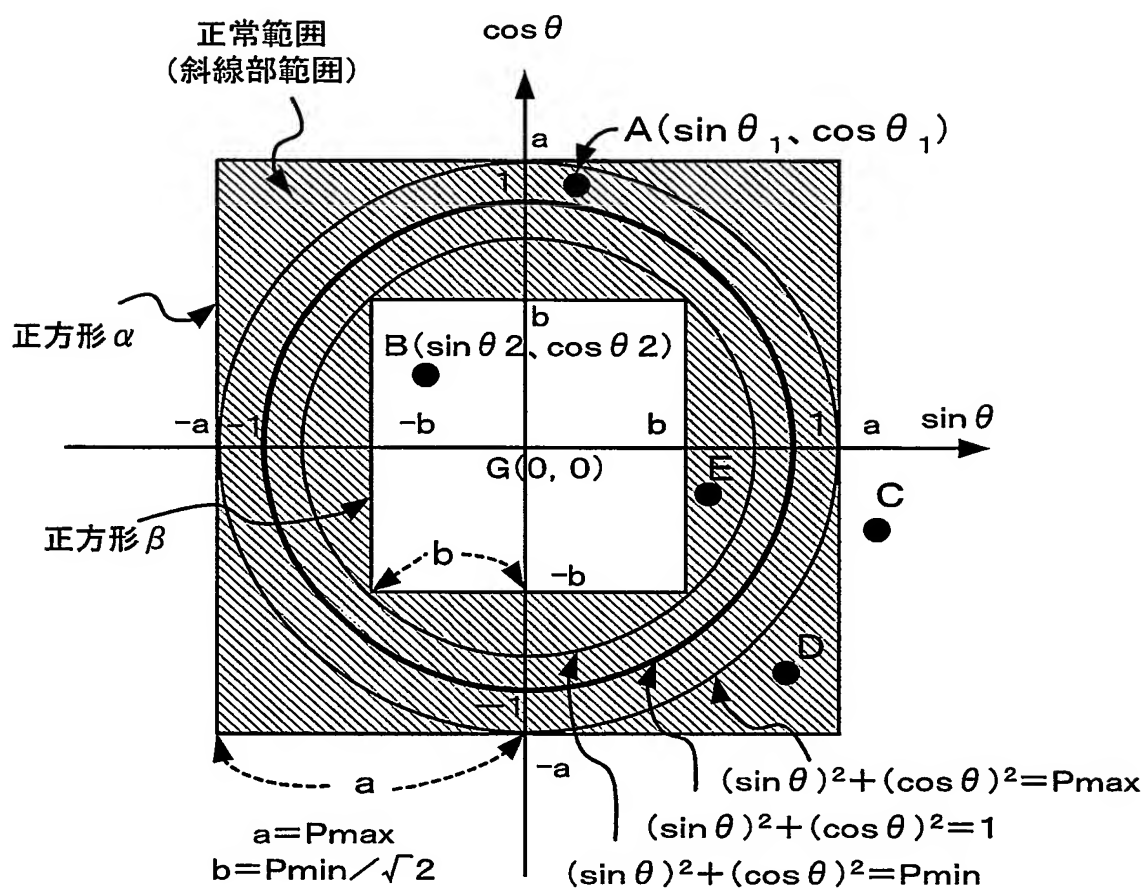
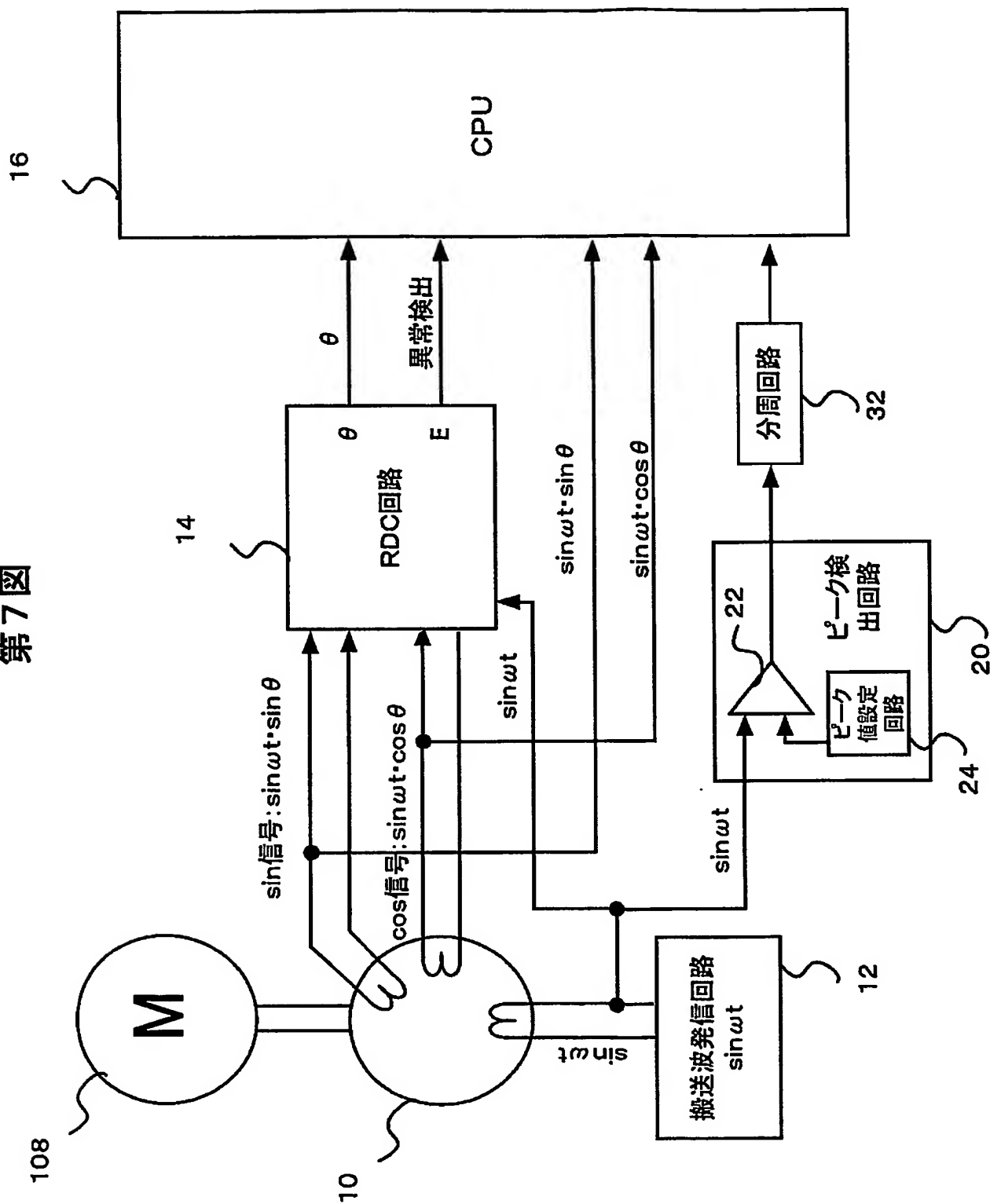
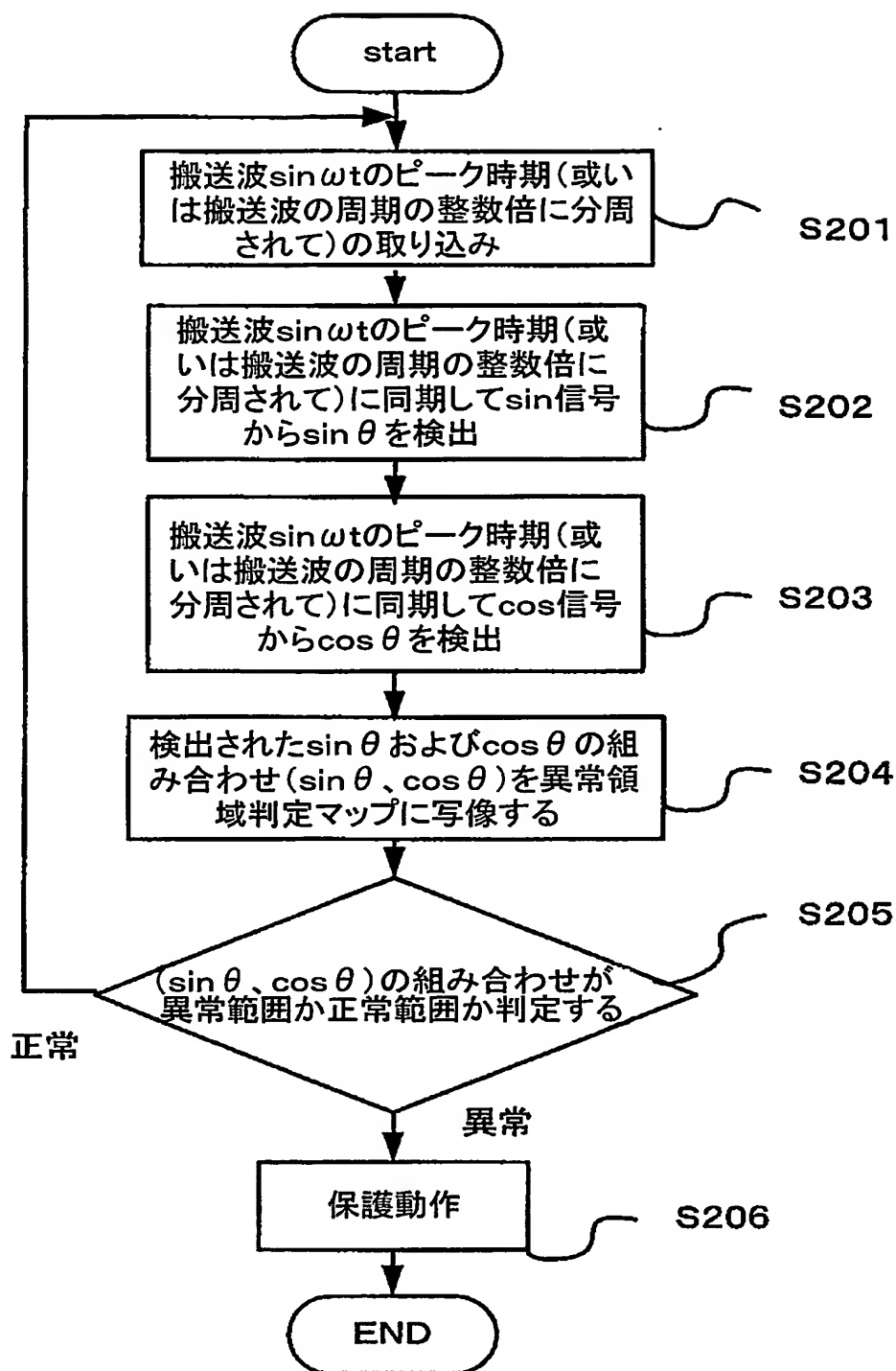


図 7 振



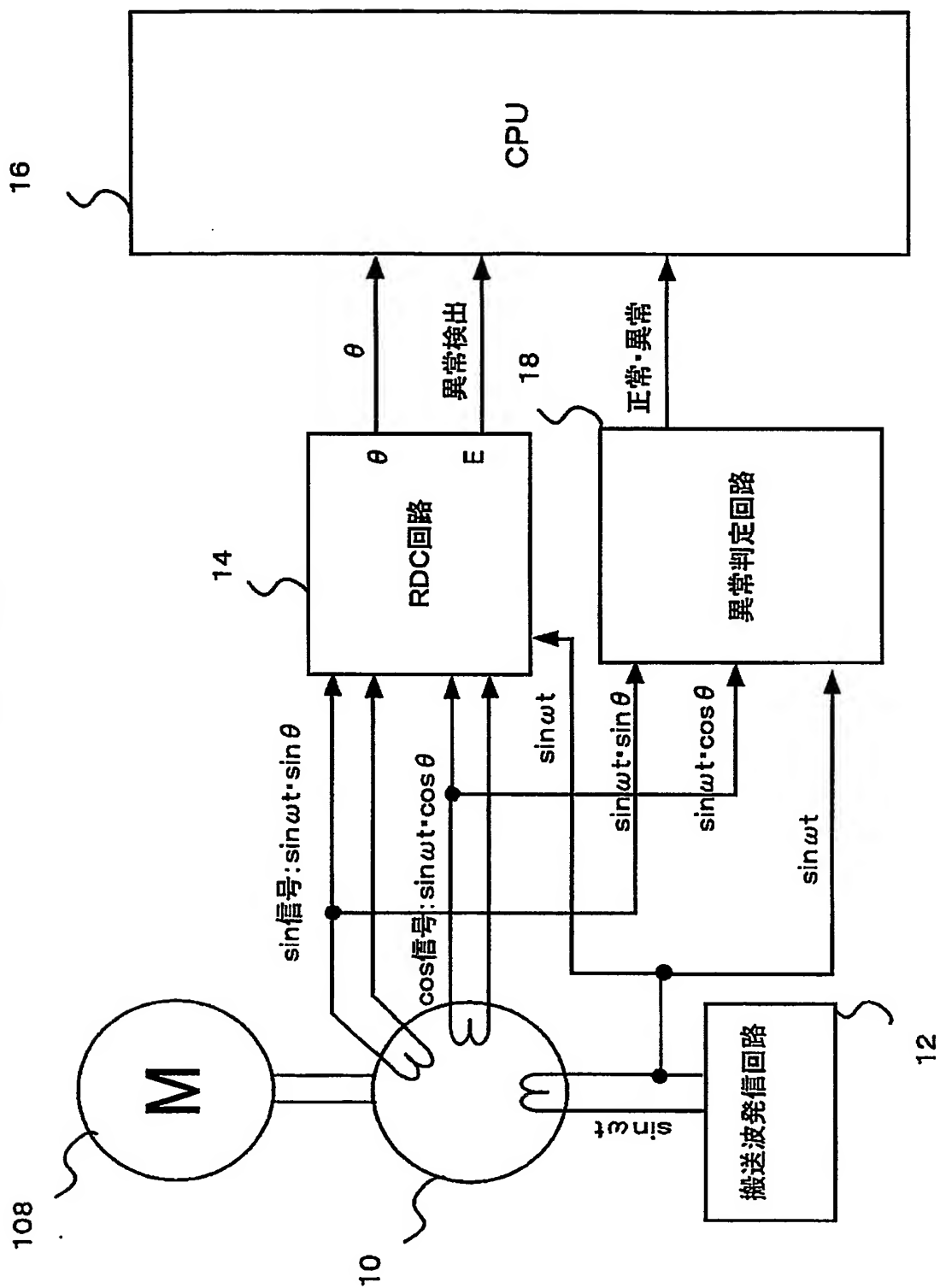
第8図



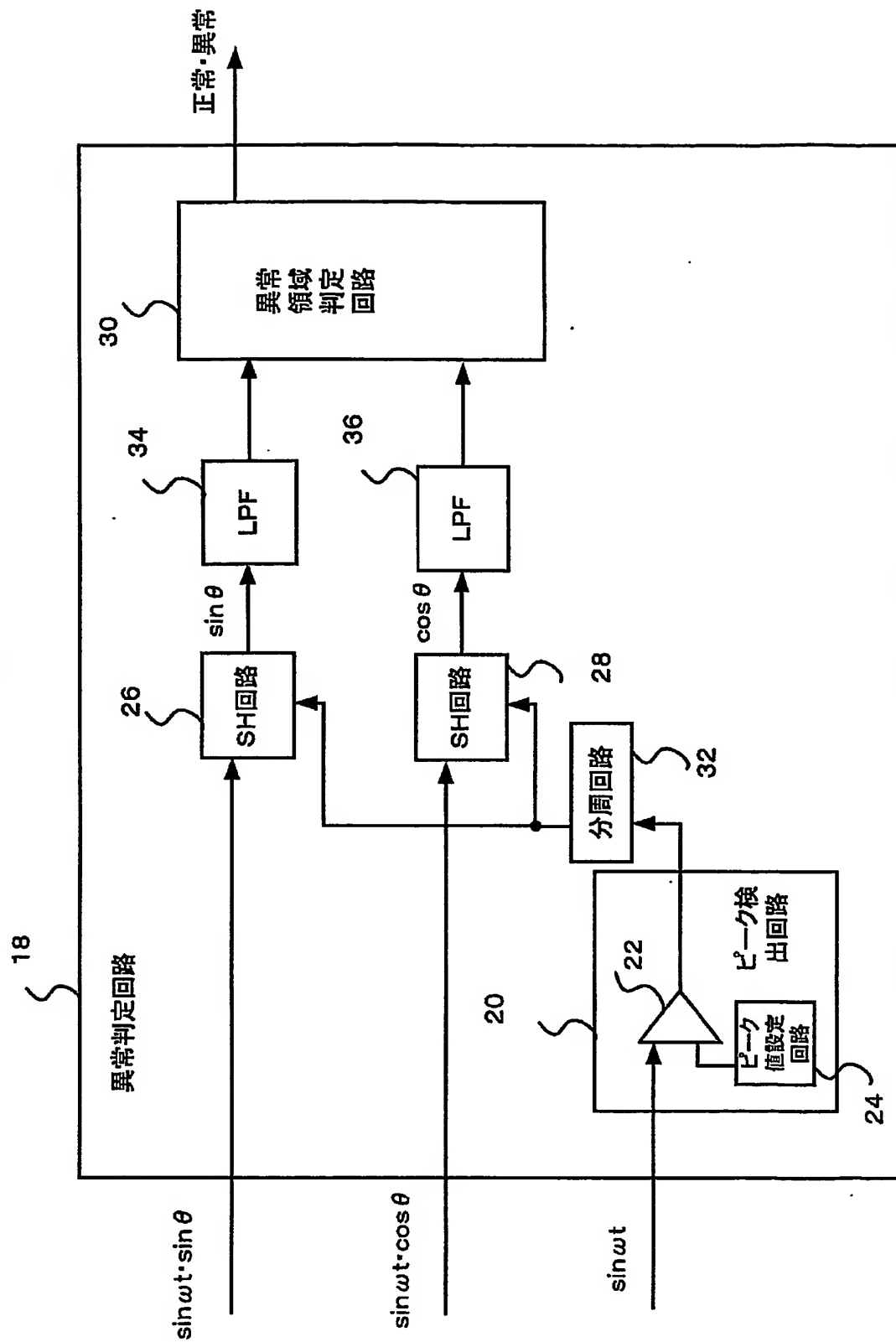
第9図

$\frac{\sin \theta}{\cos \theta}$	$-a$ 以下	$-a \sim -b$	$-a \sim a$		$a \sim b$	b 以上
$-a$ 以下	異常	異常	異常	異常	異常	異常
$-a \sim -b$	異常	正常	正常	正常	正常	異常
$-a \sim a$	異常	正常	異常	異常	正常	異常
	異常	正常	異常	異常	正常	異常
$a \sim b$	異常	正常	正常	正常	正常	異常
b 以上	異常	異常	異常	異常	異常	異常

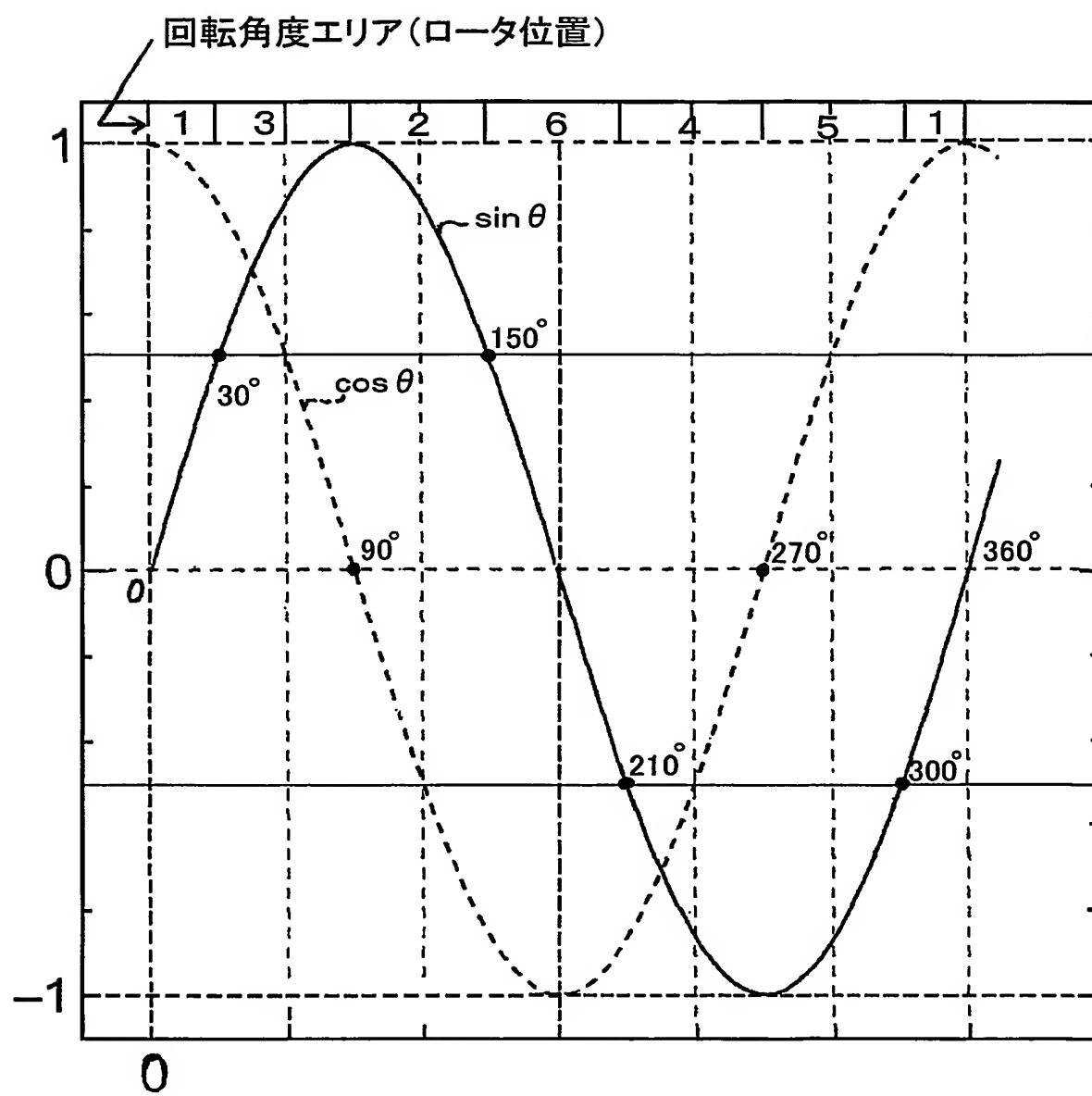
第10図



第11図



第 1 2 図



第 1 3 図

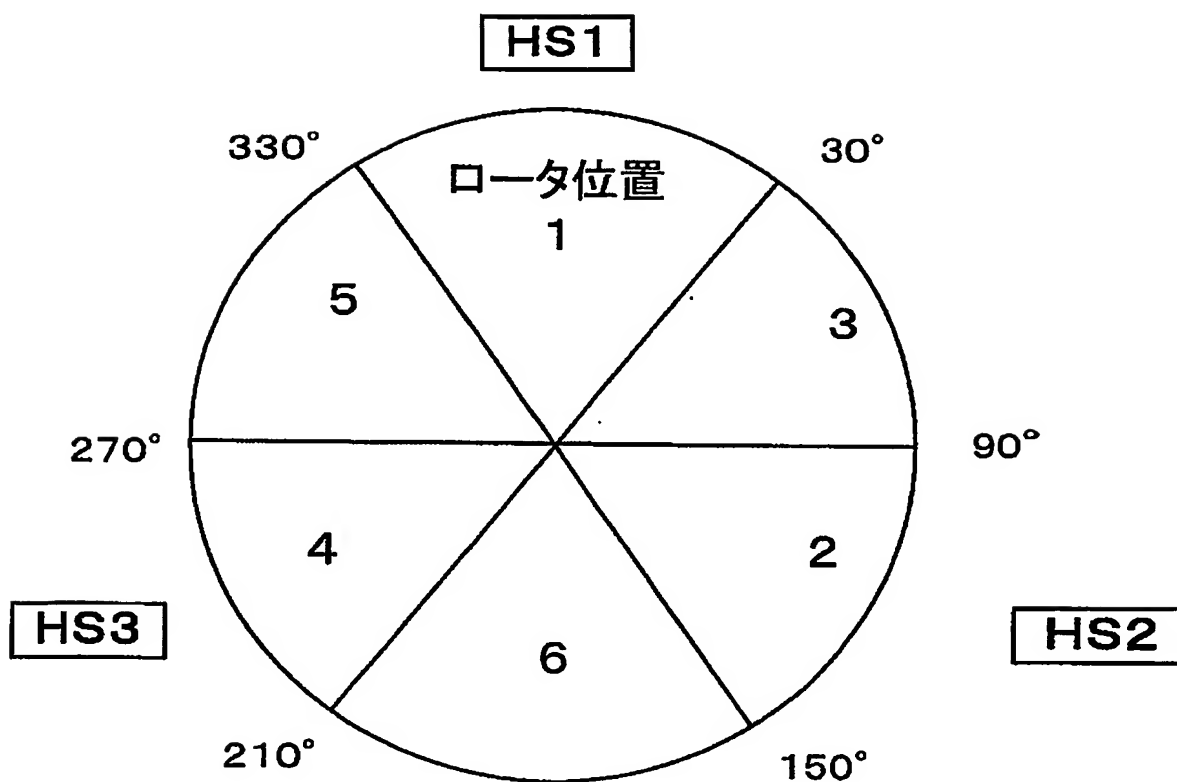
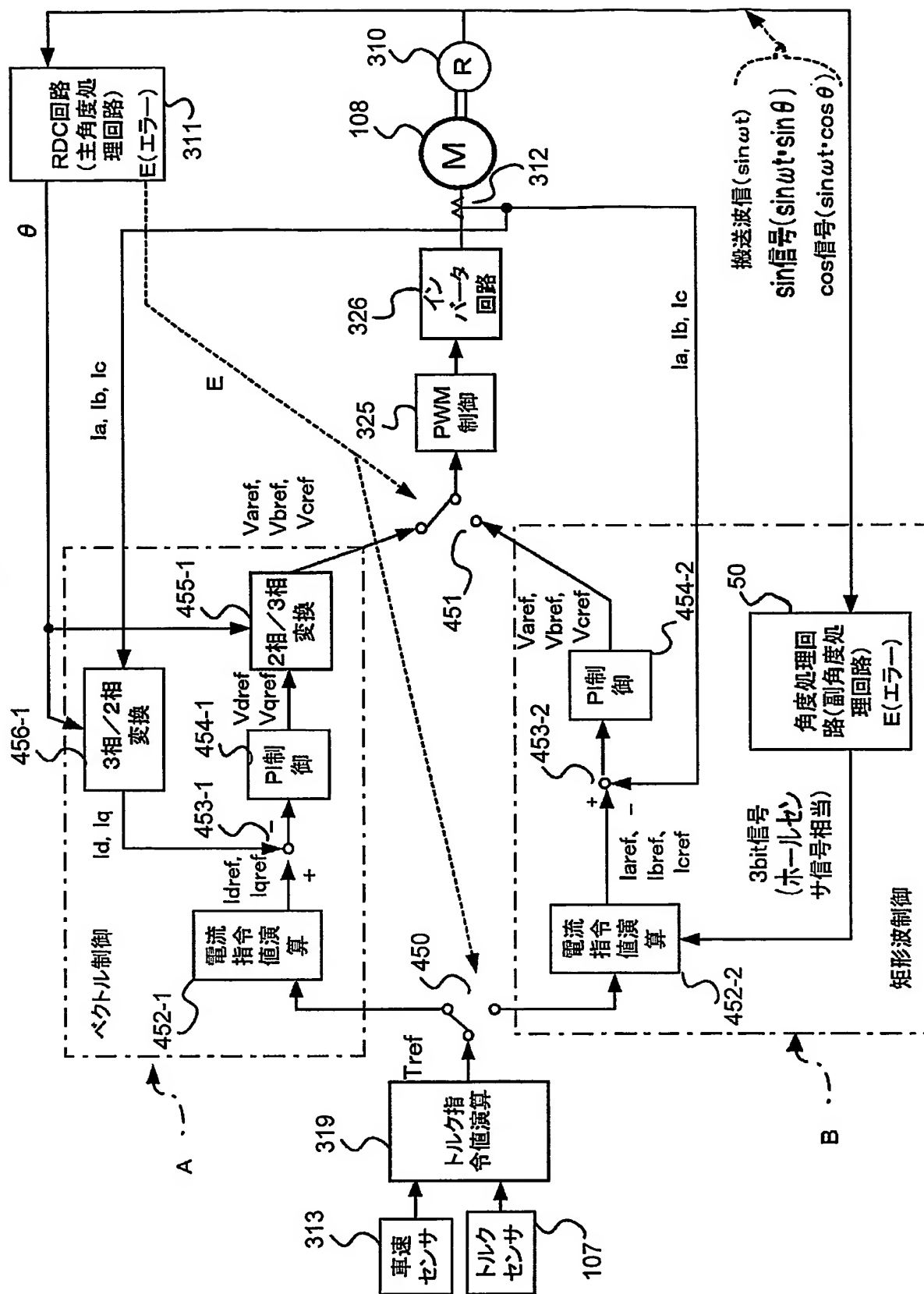
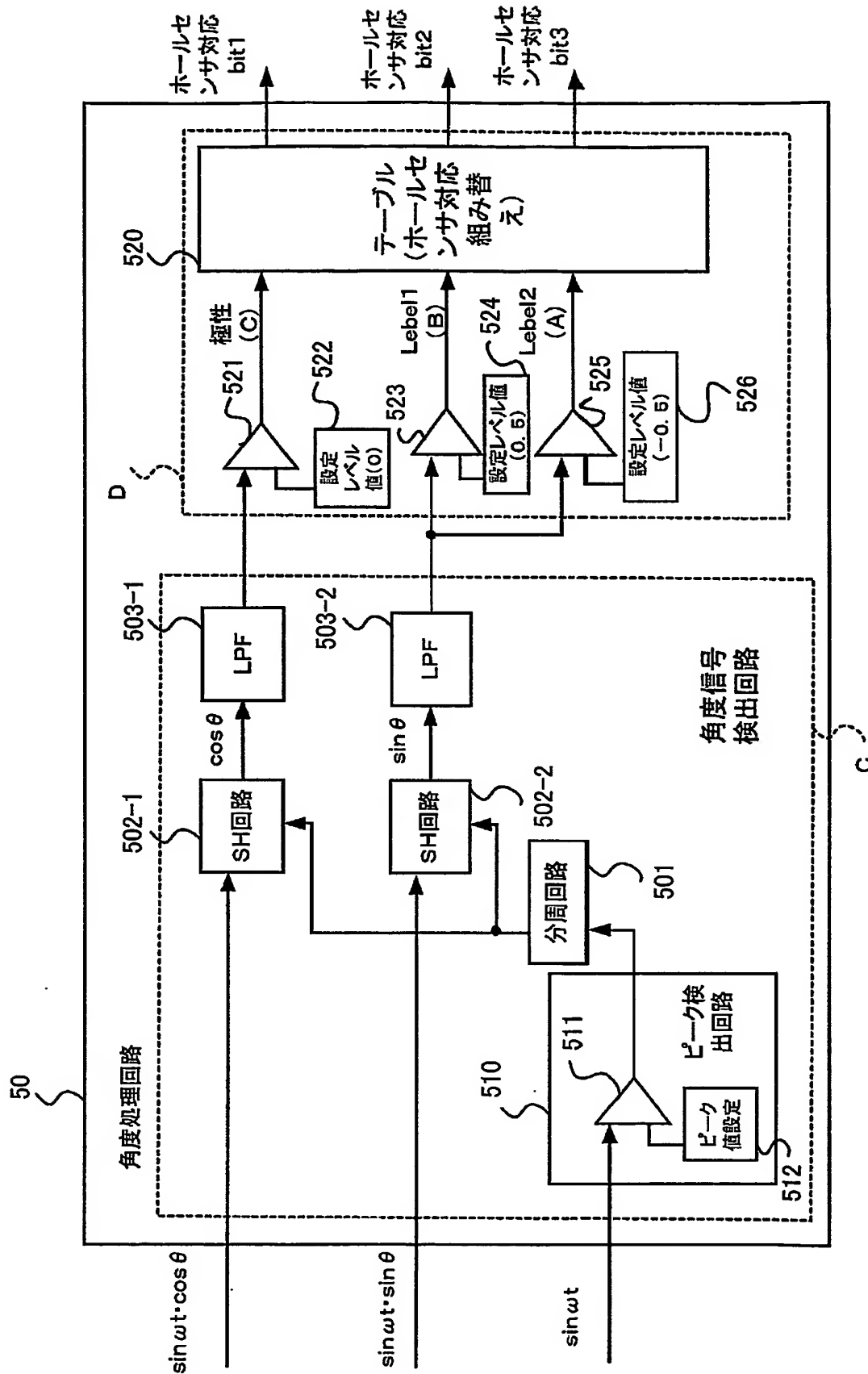


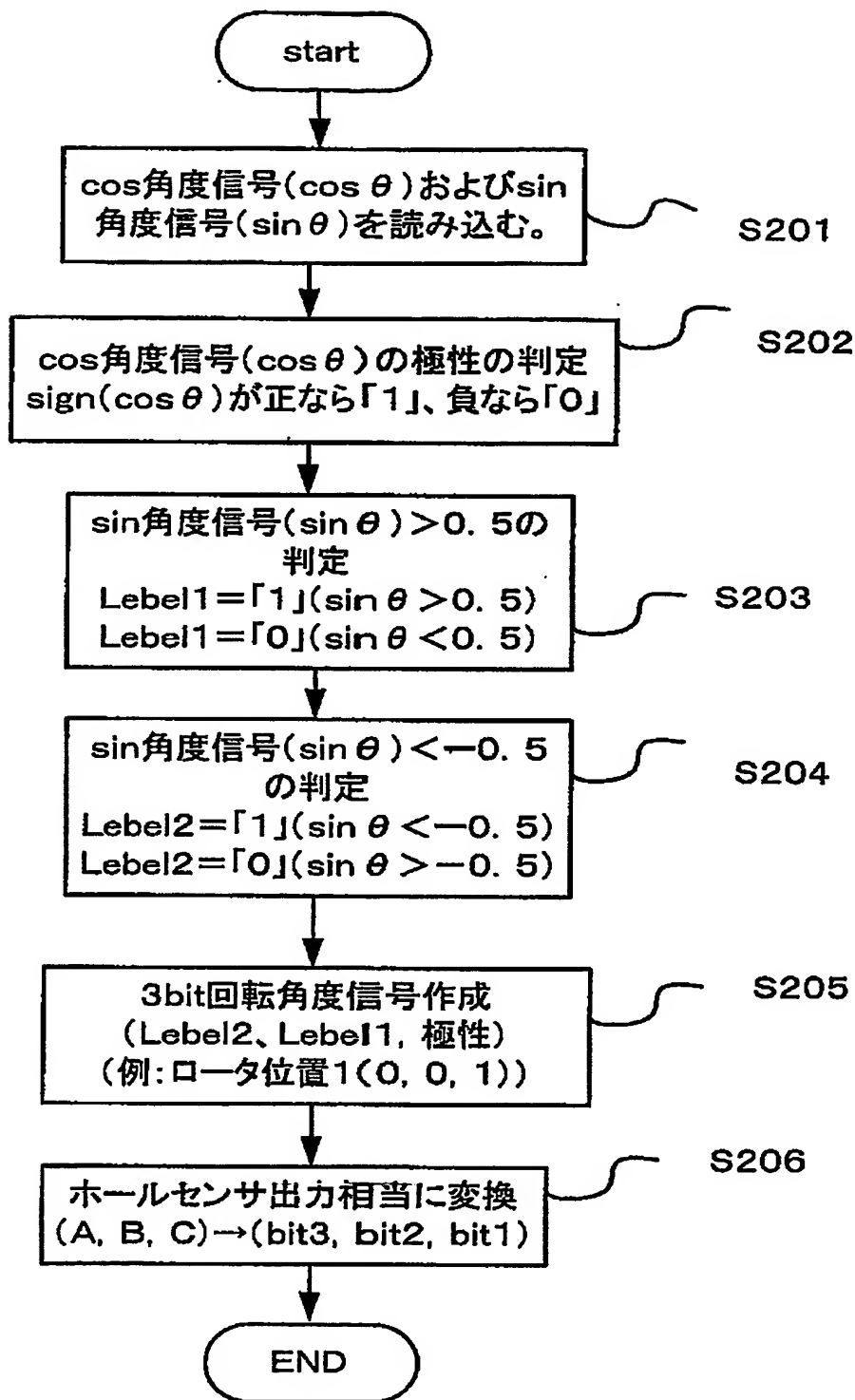
図 4-1-6



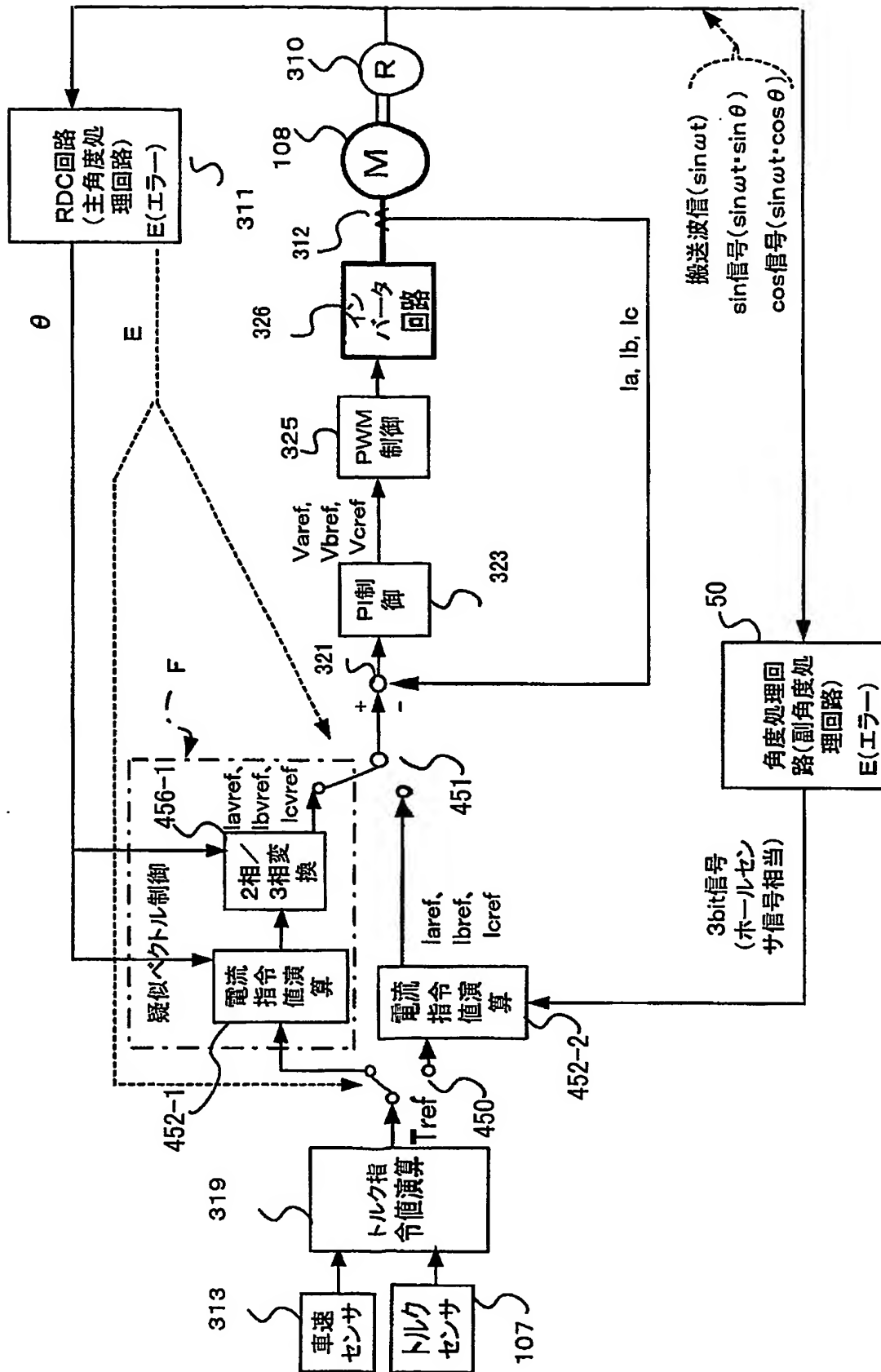
第15図



第 16 図



第17図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/016502

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G01D5/245

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ G01D5/245Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2003-166803 A (Toyoda Machine Works, Ltd.), 13 June, 2003 (13.06.03), Full text; all drawings (Family: none)	5 1-4, 7-9 6
Y	JP 2002-5690 A (Koninklijke Philips Electronics N.V.), 09 January, 2002 (09.01.02), Par. Nos. [0020] to [0021]; Figs. 2, 3 & EP 1152213 A & DE 10022175 A & US 6633827 B2	1-4, 7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01 February, 2005 (01.02.05)Date of mailing of the international search report
22 February, 2005 (22.02.05)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/016502

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 4-191615 A (Fanuc Ltd.), 09 July, 1992 (09.07.92), Page 4, lower left column, line 16 to lower right column, line 5; Fig. 4 (Family: none)	2-4, 7
Y	JP 5-322598 A (Okuma Corp.), 07 December, 1993 (07.12.93), Full text; all drawings (Family: none)	3-4, 7, 8, 9
Y	JP 9-72758 A (Toyota Motor Corp.), 18 March, 1997 (18.03.97), Full text; all drawings (Family: none)	4, 8, 9
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 46830/1987 (Laid-open No. 155016/1987) (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 12 October, 1988 (12.10.88), Full text; all drawings (Family: none)	6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/016502

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The inventions of claims 1-4 relate to a technique of judging abnormality of an angle sensor provided to an electric power steering apparatus.

The inventions of claims 5-9 relate to a technique of angle processing means of an angle sensor provided to an electric power-steering apparatus.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. G01D5/245

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. G01D5/245

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y A Y	JP 2003-166803 A (豊田工機株式会社) 2003.06.13、全文、全図 (ファミリーなし) JP 2002-5690 A (コーニンクレッカ フィリップス エレクトロニクス エヌ ヴィ) 2002.01.09、段落番号【0020】～【0021】、第2図、第3図&EP 1152213 A&DE 10022175 A&US 6633827 B2	5 1-4、 7-9 6 1-4、7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

01.02.2005

国際調査報告の発送日

20.2.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

井上 昌宏

2 F

9504

電話番号 03-3581-1101 内線 3215

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 4-191615 A (フアナツク株式会社) 1992. 07. 09、第4頁左下第16行～右下第5行、第4図 (ファミリーなし)	2-4、7
Y	J P 5-322598 A (オークマ株式会社) 1993. 12. 07、全文、全図 (ファミリーなし)	3-4、7、 8、9
Y	J P 9-72758 A (トヨタ自動車株式会社) 1997. 03. 18、全文、全図 (ファミリーなし)	4、8、9
A	日本国実用新案登録出願62-46830号 (日本国実用新案登録出願公開63-155016号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (石川島播磨重工業株式会社) 1988. 10. 12、全文、全図 (ファミリーなし)	6

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT 17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-4に係る発明は、電動パワーステアリング装置に具備された角度検出器の異常を判定する技術に関するものである。

請求の範囲5-9に係る発明は、電動パワーステアリング装置に具備された角度検出器の角度処理手段の技術に関するものである。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。